



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Балтийский государственный технический
университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»
(БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова)

1-я Красноармейская ул., д. 1, Санкт-Петербург, 190005
Тел./факс: (812) 316-23-94; (812) 490-05-91
e-mail: bgtu@voenmeh.ru; <http://www.voenmeh.ru>
ОКПО 02066374, ОГРН 1027810328721
ИНН/КПП 7809003047/783901001

28.04.2026 № 3/6
На лх 6239 от 31.03.2026

В диссертационный совет
32.1.001.01
ФГУП «ВНИИМ
им.Д.И.Менделеева»

Ученому секретарю
К.В.Чекирде

190005, г. Санкт-Петербург,
Московский проспект, дом 19

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Трибушевской Лидии Александровны*,
выполненной по специальности

2.2.10 – *Метрология и метрологическое обеспечение*

на тему **«МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РАСШИРЕНИЯ ДИАПАЗОНА И ПОВЫШЕНИЯ
ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ»**

и представленной на соискание ученой степени

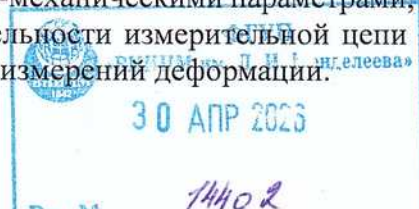
кандидата технических наук

ТРЕБУШЕВСКОЙ Лидией Александровной выполнена диссертационная работа, актуальность которой определяется *потребностью в создании научно-обоснованной системы обеспечения единства измерений деформации, что продиктовано как отсутствием необходимой эталонной базы, так и ужесточением требований современной промышленности к точности и достоверности результатов испытаний.*

В ходе исследования *автором решена научная задача, заключающаяся в создании национальной системы обеспечения единства и требуемой точности измерений механической деформации в расширенном диапазоне, имеющая существенное значение для разработки и внедрения новых государственных эталонов единиц измерений величин, позволяющих существенно повысить единство и точность измерений*

и лично получены следующие научные результаты:

- На основании комплексного анализа существующих методов, подходов, используемых для измерений деформации определены основные сферы применения, требования к измерениям, подтверждена необходимость комплексной работы в части метрологического обеспечения измерений деформации, включающей разработку методических основ измерений, создание эталонов деформации, а также нормативных документов, регламентирующих их применение. Определены требования к эталонам деформации для создания системы передачи единицы деформации средствам измерений.
- Улучшена физико-математическая модель измерений деформации поверхности упругодеформированной балки, основанная на теории изгиба Эйлера-Бернулли, подтвердившая правильность выбора схемы нагружения – чистый изгиб, позволившая установить количественные зависимости между деформацией поверхности балки и ее геометрическими и физико-механическими параметрами, а также влияющими факторами с учетом чувствительности измерительной цепи и разработать бюджет неопределенности результата измерений деформации.



- На основании улучшенной физико-математической модели и области применения результатов измерений деформации поверхности балки установлены значения целевых показателей методики измерений, которые позволили проанализировать процесс измерения и воспроизведения единицы деформации, а также установить граничные значения влияющих факторов и произвести оценку показателей точности результата измерений деформации.
- Научно обоснованы и разработаны принципы построения и конструкция установки для воспроизведения единицы деформации, обеспечивающие реализацию симметричного чистого изгиба, исключая влияние ключевых источников погрешности, что позволило создать предсказуемое, однородное и воспроизводимое деформационное поле.
- Доказана возможность изготовления установки воспроизведения единицы деформации в соответствии с выбранной концепцией реализации чистого изгиба.
- Разработан и аттестован исходный эталон единицы величины деформации и локальная поверочная схема для средств измерений деформации.

Новизна полученных научных результатов, *заключается в том, что автор*

- улучшил физико-математическую модель процесса измерений деформации поверхности упругодеформированной балки прямоугольного постоянного сечения, нагружаемой по схеме чистого изгиба за счет установления зависимости неопределенности результата измерений деформации поверхности балки от первоначальной неплоскостности и непараллельности граней балки, разности изгибающих моментов, что позволило определить граничные значения этих параметров и повысить точность воспроизведения единицы деформации;
- подтвердил, что применение стенда чистого изгиба с симметричной рычажно-роликовой системой нагружения и пластинами-«подушками» с полуцилиндрическими выступами, обеспечивающими передачу нагрузки по образующим цилиндрических поверхностей и прохождение нормали через точку контакта балки, позволяет конструктивно исключить нежелательные продольные и поперечные силы на рабочем участке балки и обеспечить стабильность воспроизведения единицы деформации поверхности упругодеформированной балки прямоугольного постоянного сечения;
- разработал алгоритм передачи единицы деформации от исходного эталона средствами измерений высокой точности методом прямых измерений и методом сличения с помощью компаратора поверочным установкам (на основе стендов чистого изгиба и балок равного сопротивления изгибу), которые в свою очередь обеспечивают передачу единицы деформации для точных и грубых средств измерений.

Достоверность и обоснованность полученных научных результатов *базируется* на адекватности применённой математической модели измерений, корректности инструментальной реализации чистого изгиба, а также обеспечивается применением поверенных и калиброванных средств измерений, прослеживаемых к Государственным первичным эталонам ГЭТ 2-2021 «Государственному первичному эталону единицы длины - метра» посредством применения эталонов государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от 1 - КУ9 до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм, утвержденной приказом Госстандарта № 2840 от 29 декабря 2018 г. и ГЭТ 183-2022 «Государственный первичный специальный эталон единицы длины в области измерений параметров отклонений от плоскостности оптических поверхностей» посредством применения эталонов из государственной поверочной схемы для средств измерений параметров отклонений от плоскостности оптических поверхностей, утвержденной приказом Госстандарта от 25 ноября 2019 г. № 2819 г.

Теоретическая значимость полученных научных результатов *характеризуется тем, что* автор внес вклад в разработку научных основ обеспечения единства измерений

деформации, что включает:

- улучшенную физико-математическую модель процесса измерений деформации поверхности балки при чистом изгибе, которая устанавливает количественные зависимости между деформацией, геометрическими параметрами балки и метрологическими характеристиками средств измерений с комплексным учетом влияющих факторов;
- принципы построения эталонной установки, обеспечивающие реализацию схемы чистого изгиба, которые позволяют создавать предсказуемое и однородное деформационное поле с заданными метрологическими характеристиками, что является основой для воспроизведения единицы величины с установленной точностью;
- схему передачи единицы деформации, устанавливающую методы и условия передачи единицы деформации от исходного эталона рабочим средствам измерений, которые обеспечивают метрологическую прослеживаемость для средств измерений с диапазоном точности от 0,2 % до 6 %.

Практическая ценность полученных научных результатов *состоит в том, что*

- Разработан и утвержден исходный эталон, позволяющий проводить поверку и калибровку различных типов средств измерений деформации, включая эталонные установки, волоконно-оптические датчики и тензорезисторы.
- Разработана и утверждена локальная поверочная схема для средств измерений деформации, возглавляемая исходным эталоном, регламентирующая методы передачи единицы деформации и обеспечивающая прослеживаемость результатов для средств измерений с относительной погрешностью от 0,2 % до 6 %.

Исходя из сведений, представленных в автореферате основные научные результаты с достаточной полнотой *опубликованы* в 7 работах, в том числе: четыре статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов; одна статья в научном журнале, индексируемом базой данных Scopus, получен один патент.

Результаты работы докладывались на:

I международном ТЕНЗОФОРУМЕ 2018 г., г. Москва;

XXXII Уральской конференции с международным участием «Физические методы неразрушающего контроля (Янусовские чтения)», Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН г. Екатеринбург, 2021 г.;

Международной научно-технической конференции «Механометрика - 2025», ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», ООО «Техно-Диалог», г. Санкт-Петербург;

Авиационном тензофоруме 2025, Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), ООО «Высокоточные измерения», г. Москва.

Научные результаты, полученные в ходе исследования *целесообразно использовать* в качестве основы для дальнейшего развития метрологического обеспечения измерений деформации в высокотехнологичных отраслях промышленности в областях расширения диапазона и специальных условий измерений.

Автореферат написан грамотно, стиль изложения доказательный, оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

Замечания:

- 1 Автореферат содержит значительное количество формул, но для части из них (например, выражение для поправки Π_1 , Π_2 стр. 14) не приведены численные значения, что затрудняет оценку вклада этих поправок на практике.

- 2 В автореферате приведён суммарный бюджет неопределённости, однако отсутствует диаграмма распределения вкладов отдельных составляющих. Наличие такой диаграммы позволило бы наглядно определить доминирующие факторы при малых и больших деформациях и обосновать приоритетные направления дальнейшего повышения точности.
- 3 Перспективы адаптации разработанных подходов к средствам измерения деформации, основанным на иных принципах (в частности, оптическим и цифровым методам регистрации деформаций), обозначены достаточно кратко, что несколько ограничивает представление о потенциале дальнейшего развития результатов исследования.

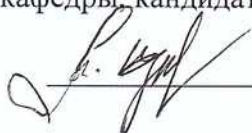
Исходя из содержания представленного автореферата, представляется возможным сделать следующие ВЫВОДЫ:

1. *Содержание работы соответствует паспорту специальности (2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение»). Область исследований – п.п. 5,6,7, отрасль науки – технические науки.*

2. *Выполненная ТРЕБУШЕВСКОЙ Л. А. диссертационная работа «Методы и средства расширения диапазона и повышения точности воспроизведения единицы механической деформации» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для дальнейшего развития и совершенствования теории и практики в области разработки и внедрения новых государственных эталонов единиц измерений величин, позволяющих существенно повысить единство и точность измерений, что соответствует абзацу второму пункта 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013), а ее автор, ТРЕБУШЕВСКАЯ Лидия Александровна достойна присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.*

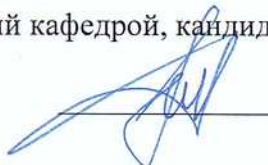
Отзыв составил

доцент кафедры, кандидат технических наук, доцент

 Крочачев А.В.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры
Протокол № 10 от 28 апреля 2026 г.

Заведующий кафедрой, кандидат педагогических наук, доцент

 Тимченко В.В.

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научной работе и инновационному развитию, кандидат технических наук



 Воронов В.А.