

УДК 621.31/.36

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ
ИЗМЕРЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ
НА ОСНОВЕ ПЕРВИЧНОЙ РЕФЕРЕНТНОЙ МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ**

Гуревич В.Л.¹, Хейфец М.Л.², Винтов Д.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проанализирована проблема достоверности измерений и метрологической прослеживаемости механического напряжения как характеристики напряженно-деформированного состояния. Предложено применение первичной референтной методики измерений для воспроизведения единицы величины – механического напряжения.

Ключевые слова: механическое напряжение, метрологическая прослеживаемость, первичная референтная методика измерений.

**ENSURING METROLOGICAL TRACEABILITY
MECHANICAL STRESS MEASUREMENTS
BASED ON A PRIMARY REFERENCE MEASUREMENT PROCEDURE**

Hurevich V.L.¹, Kheifets M.L.², Vintov D.A.²

¹Belarusian National Technical University

²Institute of Applied Physics, National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The problem of measurement reliability and methodological traceability of mechanical stress as a characteristic of the stress-strain state is analysed. It is proposed to use a primary reference measurement procedure to reproduce the unit of pressure – mechanical stress.

Key words: mechanical stress, metrological traceability, primary reference measurement procedure.

*Адрес для переписки: Гуревич В.Л., пр. Независимости, 65, г. Минск, 220113, Республика Беларусь
e-mail: valery.hurevich@gmail.com*

Измерение механического напряжения как характеристики напряженно-деформированного состояния различных конструкций, а также изделий машиностроения является важнейшим аспектом обеспечения безопасности, а также оценки их ресурса и долговечности. Оценка механического напряжения осуществляется косвенными измерениями на основании прямых измерений других величин, которые функционально связаны с механическими напряжениями, то есть его определяют методами неразрушающего контроля на основании эмпирической зависимости измеряемого параметра и последующего преобразования измеренных величин физических параметров в численное значение механического напряжения [1].

Для существующих методов неразрушающего контроля (магнитный, ультразвуковой, рентгеновский) внутренних механических напряжений в материале необходима отдельная калибровка для последующего преобразования измеренных величин физических параметров в численное значение механического напряжения. Поэтому, калибровка прибора неразрушающего контроля является ключевым этапом в оценке величины напряженно-деформированного состояния. Как правило, обычной практикой является экспериментальное установление на разрывной машине

зависимости измеряемого параметра (например, акустической скорости) по отношению к величине механического напряжения. Как следствие, результаты определения механического напряжения нельзя соотнести с основой для сравнения в виде эталона физической величины. При этом в рамках современных методик при калибровке измеряемая величина физических параметров, зависящая от механического напряжения, не является независимой частью образца, а зависит от микроструктуры и состояния поверхности. Последующее «слепое» определение величины напряжения (деформации) методами неразрушающего контроля в материале с неизвестной микроструктурой приводит к значительной неопределенности ее результатов.

Для получивших в настоящее время методов определения механических напряжений (рентгеновский, ультразвуковой, магнитный, вихретоковый) применяются средства измерений, которые не прослеживаются к эталону, воспроизводящему соответствующую величину – механическое напряжение.

Для обеспечения достоверности результатов измерения механического напряжения ключевой проблемой становится формирование подхода и методологии к воспроизведению единицы величины механического напряжения, а также вопрос

обеспечения метрологической прослеживаемости, в соответствии с которой результат измерения может быть соотнесен с основой для сравнения через документированную неразрывную цепочку калибровок, каждая из которых вносит вклад в неопределенность результата измерения, включая оценку бюджета неопределенности.

Таким образом, для обеспечения сопоставимости результатов измерений механического напряжения при анализе напряженно-деформированного состояния актуальным является разработка первичной референтной методики измерений (ПРМИ), которая позволяет получать результаты измерений без их прослеживаемости к единицам величин того же рода, то есть без сравнения с эталоном единицы величины того же рода [2]. При этом применение ПРМИ реализуется на одном уникальном комплекте оборудования.

Особенностью ПРМИ является построение метрологической иерархии, вершиной которой и является ПРМИ, которая позволяет получать результаты измерения величины без их прослеживаемости к эталону единицы величины того же рода. Разработка ПРМИ осуществляется для метрологического обеспечения так называемых «методозависимых» величин, определяемых по эмпирическим методиками измерений, к которым относится измерение механического напряжения.

Целью данной работы является решение задачи метрологического обеспечения измерений механического напряжения на основании комплекса теоретических и экспериментальных исследований, который должен включать:

- выбор методических решений, подготовка оборудования и средств измерений;
- установление последовательности и содержания операций при подготовке и проведении измерений;
- оценивание показателей точности на основе теоретических и экспериментальных исследований;

- разработка и экспериментальное опробование документированной процедуры контроля показателей точности выполняемых измерений;

- представление полного бюджета неопределенности;

- подтверждение реализуемости ПРМИ для оценки напряженно-деформированного состояния;

- подтверждение наивысшей точности результатов измерений, обеспечиваемой данной ПРМИ.

Для подтверждения метрологической прослеживаемости должна быть сформирована иерархическая схема, демонстрирующая конкретный порядок передачи единицы величины от ПРМИ другим методикам (методам) измерений, а также средствам измерений с более низкими показателями точности.

Заключение. Создание первичной референтной методики измерений механического напряжения позволит создать систему воспроизведения и передачи данной единицы величины. Представленные в настоящей статье теоретические и методические основы следует учитывать при ее разработке.

Метрологическое обеспечение измерения механического напряжения должно опираться на результаты теоретических и экспериментальных исследований и решаться как комплексная задача, включающая разработку и исследование эталонного оборудования, создание механизма передачи единицы величины и установление цепи метрологической прослеживаемости через калибровочную иерархию, а также разработку технических нормативных правовых актов.

Литература

1. Винтов, Д.А. Исследование методом шума Баркгаузена двухосного напряженно-деформированного состояния в стальных образцах / Д.А. Винтов, В.Л. Венгринович // *Неразрушающий контроль и диагностика*. – 2022. – № 4. – С. 28–40.
2. Метрология. Основные термины и определения : РМГ 29-2013.