

Некоторые вопросы применения концепции прослеживаемости при определении механических свойств металлов при статическом растяжении с использованием стандартного образца ГСО 11854-2021

Матвеева И. Н., Толмачев В. В., Забелина А. А.

Уральский научно-исследовательский институт метрологии – филиал
ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева»,
г. Екатеринбург, Россия, e-mail: sertif@uniim.ru

Аннотация: Представлено использование концепции прослеживаемости результатов измерений характеристик механических свойств металлов при статическом растяжении к стандартному образцу механических свойств стали марки 20 утвержденного типа ГСО 11854-2021, разработанного УНИИМ-филиалом ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева».

Ключевые слова: механические свойства, статическое растяжение, метрологическая прослеживаемость, стандартный образец

Существующий подход, обсуждаемый в [1-3], к расчету неопределенности результатов измерений механических свойств металлов предполагает составление бюджета неопределенности только на основании данных о прослеживаемости величин, входящих в уравнение измерений, к единицам силы и длины. В [4-6] характеристики механических свойств классифицируются как эмпирические (методзависимые), и для контроля правильности применения метода испытания (например, при изменении скорости деформации) в лаборатории и обеспечения прослеживаемости характеристик механических свойств необходимо использование стандартного образца.

Использование стандартного образца механических свойств стали марки 20 ГСО 11854-2021, разработанного УНИИМ-филиалом ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева», как основы для сравнения и прослеживаемости результата, при оценивании неопределенности результатов испытаний на статическое растяжение приводит к необходимости учета систематической составляющей лаборатории при расчете неопределенности результатов испытания или как поправки, или как вклада в суммарную стандартную неопределенность.

В основу оценки неопределенности результатов измерений механических свойств положен модельный подход по ГОСТ Р ИСО 21748, в соответствии с которым статистическая модель результата измерения временного сопротивления описана уравнением:

$$\sigma_E = \sigma + \xi_{\sigma_E} + \sum c_i x_i' + g_E + e_{\sigma_E}, \quad (1)$$

где σ_E – результат измерений, относительно которого предполагается, что он может быть вычислен по соответствующей функции ($\sigma_E = \frac{F_E}{F_0}$, P_E – максимальное усилие, предшествующее разрыву образца, F_0 – начальная площадь поперечного сечения); σ – (неизвестное) математическое ожидание идеальных результатов; ξ_{σ_E} – смещение, обусловленное прослеживаемостью; x_i' – отклонение от номинального значения x_i ; c_i – коэффициент чувствительности, равный $\frac{\partial \sigma_E}{\partial x_i}$; g_E – округление результата измерений по ГОСТ 1497; e_{σ_E} – случайная составляющая неопределенности измерений в условиях повторяемости.

При анализе бюджета неопределенности, составленного для уравнения (1), было выделено 4 равноценных вклада в суммарную стандартную неопределенность:

- от начального диаметра образца;
- от округления результата;

- прослеживаемость к стандартному образцу;
- случайная составляющая измерений в условиях повторяемости.

Неопределенность, соответствующая смещению ξ_{σ_B} , обусловленному прослеживаемостью, задается уравнением:

$$u^2(\xi_{\sigma_B}) = u^2(\sigma_{B\text{ ГСО}}) + \frac{(\sigma_{B\text{ ГСО}} - \bar{\sigma}_B)^2}{2}, \quad (2)$$

где $u^2(\sigma_{B\text{ ГСО}})$ - неопределенность, соответствующая паспортному значению $\sigma_{B\text{ ГСО}}$, используемому для оценки правильности.

Вклад от прослеживаемости к стандартному образцу включает в себя 2 основных источника неопределенности:

- систематическая составляющая, связанная с реализацией методики испытаний в лаборатории, в том числе за счет алгоритмов программного обеспечения разрывной машины,
- неоднородность материала стандартного образца.

В качестве основных влияющих факторов при реализации методики испытаний в лаборатории выделены:

- подготовительные операции перед началом испытаний (обнуление датчиков силы, датчиков деформации, способ закрепления образцов, величина предварительного нагружения),
- задаваемые условия испытания (скорость деформирования или скорость нагружения),
- ошибки в расчетах, в том числе в алгоритмах встроенного программного обеспечения.

Использование стандартного образца утвержденного типа как основы для сравнения является одним из основных инструментов обеспечения прослеживаемости и контроля точности результатов испытаний на статическое растяжение. Подход, основанный на составлении бюджета неопределенности для уравнения измерения (1), позволит лабораториям проводить надлежащую оценку неопределенности результатов испытаний на статическое растяжение, с учетом совокупного эффекта от всех источников неопределенности, включая смещение, обусловленное прослеживаемостью. Авторы считают, что приведенные теоретические принципы и алгоритмы расчетов могут быть использованы аккредитованными лабораториями при оценке неопределенности согласно требованию п.7.6 ГОСТ ISO/IEC 17025-2019.

ЛИТЕРАТУРА

1. Adamczak S., Bochnia J., Kundera C. Stress and strain measurements in static tensile tests // Metrology and measurement systems. 2012. Vol. XIX, no. 3. P. 531–540. <https://doi.org/10.2478/V10178-012-0046-3>
2. Czichos H., Saito T., Smith L. Springer handbook of metrology and testing. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. 1229 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16641-9>
3. Aydemir B., Cal B. Quality of material tensile test // 5 International Quality Conference, 20 May 2011, Center for Quality, Faculty of Mechanical Engineering, University of Kragujevac, p.331–336.
4. Establishment of traceability in the measurement of the mechanical properties of materials / G. Bahng [et al.] // Metrologia. 2010. Vol. 47, no. 2. P. S32–S40. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/47/2/S04>
5. Metrological traceability of the measured values of properties of engineering materials / G. Roebben [et al.] // Metrologia. 2010. Vol. 47, no. 2. P. S23–S31. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/47/2/S03>
6. Bahng G. W., Cho S. J., Lee H. M. A technical approach to establish traceability in materials metrology // Journal of Metrology Society of India. 2007. Vol. 22, no. 3. P. 145–151.
7. ГСО 11854-2021 Стандартный образец механических свойств стали марки 20 // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1395637>
8. ГОСТ Р ИСО 21748-2021 Статистические методы. Руководство по использованию оценок повторяемости, воспроизводимости и правильности при оценке неопределенности измерений. М.: Российский институт стандартизации, 2021. С. 36.
9. ГОСТ 1497-84 Металлы. Методы испытаний на растяжение. М.: Стандартиформ, 2008. С. 28.