

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

Научная статья

УДК

<https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-1-51-67>



Современное состояние метрологического обеспечения испытаний на статическое растяжение

В. В. Толмачев , И. Н. Матвеева

УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»
Екатеринбург, Россия
 sertif@uniim.ru

Аннотация. В статье представлен обзор и сопоставление требований международного стандарта ISO 6892-1:2019 «Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature» и межгосударственного стандарта ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение», устанавливающих метод измерений механических свойств металлов при статическом растяжении.

В ходе исследования проведен сравнительный анализ требований к метрологическому обеспечению испытаний на статическое растяжение для параметров, оказывающих влияние на результаты измерений механических свойств, в том числе условий испытаний. Выделены основные проблемы применения ГОСТ 1497-84, требующие его гармонизации с международным стандартом ISO 6892-1:2019 и совершенствования системы метрологического обеспечения испытаний на статическое растяжение в РФ. Рассмотрена схема обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений механических свойств при испытании на статическое растяжение к первичной референтной методике измерений, требующая разработки стандартных образцов для различных объектов испытаний.

Авторы считают, что предложенный системный подход обеспечения единства измерений характеристик механических свойств, с использованием первичной референтной методики в качестве основы для сравнения, позволит лабораториям обеспечить достоверность результатов измерений механических свойств, с учетом не только показателей промежуточной прецизионности, но и показателей правильности.

Ключевые слова: механические свойства, статическое растяжение, метрологическая прослеживаемость, метрологическое обеспечение, первичная референтная методика, стандартный образец

Используемые сокращения: СО – стандартный образец, СКО – среднеквадратичное отклонение.

Ссылка при цитировании: Толмачев В. В., Матвеева И. Н. Современное состояние метрологического обеспечения испытаний на статическое растяжение // Эталоны. Стандартные образцы. 2022. Т. 18, № 1. С. 51–67. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-1-51-67>

Статья поступила в редакцию 27.01.2022; одобрена после рецензирования 14.02.2022; принята к публикации 15.03.2022.

MODERN METHODS OF ANALYZING SUBSTANCES AND MATERIALS

Research Article

The current state of metrological support for static tension

Vladimir V. Tolmachev^{ID}, Ilona N. Matveeva^{ID} ✉

UNIIM – Affiliated Branch of the D. I. Mendeleyev Institute for Metrology
Ekaterinburg, Russia
✉ sertif@uniim.ru

Abstract. The article presents a review and comparison of the requirements of the International Standard ISO 6892-1:2019 and the Interstate Standard GOST 1497-84 establishing a method for measuring the mechanical properties of metals under static tension.

A comparative analysis of the requirements for metrological support of static tension tests for parameters that affect the measuring results of mechanical properties, including test conditions, was carried out.

The main problems of applying GOST 1497-84 are highlighted, which require its harmonization with the International Standard ISO 6892-1:2019 and improvement of the metrological support system for static tension tests in the Russian Federation.

The scheme for ensuring the metrological traceability during static tension testing of the measuring results of mechanical properties to the primary reference measurement procedure, which requires the development of certified reference materials (CRMs) for various test units, was considered.

The authors believe that the proposed systematic approach to ensuring the uniformity of measurements of the characteristics of mechanical properties, using the primary reference methodology as a basis for comparison, will allow laboratories to ensure the reliability of the measuring results of mechanical properties, using not only intermediate precision measures, but also the correctness.

Keywords: mechanical properties, static tension, metrological traceability, metrological support, primary reference procedure, reference material

Abbreviations used in the article: RM – reference material, SD – standard deviation.

For citation: Tolmachev V. V., Matveeva I. N. The current state of metrological support for static tension tests. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2022;18(1): 51–67. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2022-18-1-51-67> (In Russ.).

The article was submitted 27.01.2022; approved after reviewing 14.02.2022; accepted for publication 15.03.2022.

Введение

Испытание на статическое растяжение применяется для определения важнейших механических свойств конструкционных материалов: упругости, пластичности и прочности [1, 2]. Упругие свойства материала характеризуют модулем упругости, свойство пластичности характеризуют величинами «относительное удлинение» и «относительное сужение», прочность характеризуют пределом прочности (временным сопротивлением) и одним из пределов текучести в зависимости от материала. Искомые характеристики материала определяют

путем приложения растягивающего усилия к изготовленным из материала пропорциональным образцам до их разрушения. Результаты зависят от измеренных значений усилия в ключевых точках диаграммы деформации, форм-фактора образца (вида продукции), линейных размеров образца до и после разрушения, скорости растяжения, температуры образца, оператора и (или) алгоритмов вычисления характеристик.

Для иллюстрации совместного влияния факторов, связанных с выполнением требований достоверности и воспроизводимости результатов испытаний

на статическое растяжение, в [3] вводится понятие «доверительная область». На рис. 1 [3] представлена доверительная область, иллюстрирующая то, что при измерениях и испытании необходимо обеспечить надежную прослеживаемость как применяемого усилия, так и результирующего измеряемого эффекта, а также любых других величин, которые могут повлиять на конечный результат. На конечный результат могут повлиять методика измерения, температура и состояние образца. Важно понимать, что различия в результатах измерений часто будут включать неоднородность материала, а также неопределенности, связанные с методом испытаний или изменчивостью оператора. Все неопределенности должны быть приняты во внимание в бюджете неопределенности.

Целью настоящего исследования является сравнение метрологических аспектов обеспечения достоверности и воспроизводимости результатов испытаний, заложенных в межгосударственном стандарте ГОСТ 1497–84 и международном стандарте ISO 6892–1:2019 и обсуждение возможной основы для сравнения результатов испытаний на статическое растяжение для применения в России.

Ключевые различия в методах испытаний на статическое растяжение по ГОСТ 1497-84 и ISO 6892-1:2019

Межгосударственный стандарт ГОСТ 1497-84, утвержденный и введенный в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам в 1984 г., учитывал требования международного стандарта ISO 6892:1984 по сущности метода, проведению испытаний и обработке результатов испытаний металлов и изделий из них наименьшим размером в поперечном сечении 3,0 мм и более. За 38 лет международный стандарт ISO 6892 пересматривался 4 раза: в 1998, 2009, 2016 и 2019 гг., в него был внесено множество изменений с целью повышения достоверности результатов испытаний, основанных на проведенных научных исследованиях, межлабораторных сравнительных испытаниях. Однако данные изменения не вносились в ГОСТ 1497-84. Таким образом, в настоящее время Россия и страны СНГ фактически проводят определение механических свойств металлов при статическом растяжении по методу, отличающемуся от установленного международным стандартом ISO 6892-1:2019.



Рис. 1. Доверительная область измерений при испытании для определения свойств материала [3]

Fig. 1. The confidence measurement interval during testing to determine the material properties [3]

Подготовка к испытанию

Международный стандарт ISO 6892-1:2019 предусматривает, что датчик измерения усилия должен быть обнулен после присоединения испытательных захватов, но до фактического захвата испытуемого образца с обоих концов. После установки нулевой точки датчика силы система измерения усилия никоим образом не должна изменяться во время испытания.

Разработчики ISO 6892-1:2019 считают, что использование этого метода гарантирует, что, с одной стороны, вес испытательного захвата не влияет на измеряемое усилие, а с другой стороны, любое усилие, возникающее в результате операции зажима, не будет влиять на результат испытания.

В стандарте ISO 6892-1:2019 предусмотрено указание, что испытательные образцы должны быть закреплены с помощью захватов, соответствующих типу образцов, например, клиновых захватов, резьбовых захватов, параллельных поверхностей губок или плечевых держателей.

Оператор должен обеспечить, чтобы испытываемый образец был соосен прикладываемому усилию для минимизации изгиба. Это особенно важно при испытании хрупких материалов или при определении предела текучести условного с допуском на величину остаточной деформации (пластическое растяжение), предела текучести условного с допуском на величину полной деформации (общее растяжение) или предела текучести (физического).

Стандарт ISO 6892-1:2019 рекомендует для обеспечения выравнивания испытуемого образца и устройства захвата приложить предварительное усилие при условии, что оно не превышает значения, соответствующего 5 % от заданного или ожидаемого предела текучести. Следует провести коррекцию по удлинению, чтобы учесть влияние предварительного усилия, т. е. экстензометр должен быть установлен на образец или обнулен после приложения предварительного усилия. ГОСТ 1497-84 содержит указание о моменте установки тензометра только в подп. 4.1 и 4.3, которые касаются определения предела пропорциональности и модуля упругости соответственно. Тензометр или измеритель деформации устанавливают на образец после приложения к нему начального усилия, соответствующего напряжению, равному 5–10 % от предполагаемого предела пропорциональности.

В п. 8.3 ISO 6892-1:2019 рекомендуется, чтобы длина базы экстензометра L_e охватывала как можно больше рабочую длину испытуемого образца. Как минимум размер L_e должен быть больше 0,5 расчетной длины

образца, но меньше 0,9 рабочей длины образца. Это должно гарантировать, что экстензометр обнаружит все события текучести, которые происходят в испытуемом образце. Кроме того, для измерения параметров «при достижении» или «после достижения» максимального усилия размер L_e должен быть приблизительно равен расчетной длине образца. ГОСТ 1497-84 содержит примечание к п. 3.2, устанавливающее, что если для определения относительного удлинения после разрыва применяется тензометр, то начальная расчетная длина по тензометру L_e должна быть равна начальной расчетной длине образца.

Согласно разделу 7 ISO 6892-1:2019, размеры испытуемого образца должны быть измерены минимум в трех поперечных сечениях, перпендикулярных продольной оси, в центральной области рабочей длины испытуемого образца. Начальная площадь поперечного сечения представляет собой среднюю площадь поперечного сечения и должна быть рассчитана на основе измерений соответствующих размеров. Согласно п. 3.2 ГОСТ 1497-84, измерение размеров образцов до испытания проводят не менее, чем в трех местах: в средней части и на границах рабочей длины. За начальную площадь поперечного сечения образца в его рабочей части принимают наименьшее из полученных значений на основании произведенных измерений.

Условия испытаний

Важным фактором, влияющим на достоверность результатов испытаний, является скорость воздействия на образец с целью его деформации [4, 5]. Стандарт ISO 6892-1:2019 предусматривает воздействие на образец либо способом «A1», либо способом «A2», либо способом «B» в зависимости от возможностей разрывной машины. Способ «A1» предназначен для воздействия с возможностью управлять скоростью деформации с использованием канала обратной связи от экстензометра. Способ «A2» используется, если канал обратной связи отсутствует; скорость движения траверсы задается формулой:

$$v_c = l \cdot \dot{\epsilon}_L,$$

где $\dot{\epsilon}_L$ – скорость деформирования рабочей длины образца,

l – рабочая длина образца.

Считается, что способы воздействия на образец «A1» и «A2» обеспечивают лучшее практическое применение метода и более сопоставимые результаты [6]. В ISO 6892-1:2019 предполагается, что если имеющаяся в наличии испытательная машина не может

реализовать способ воздействия «А1», то использование способа воздействия «А2» с фиксированной скоростью траверсы обеспечит минимальную изменчивость результатов и повысит сопоставимость.

Целью способа воздействия «В» является задание скорости перемещения траверсы, соответствующей величине изменения напряжения в единицу времени (скорость нагружения) в области упругости, а не поддержание постоянной скорости нагружения или регулирование скорости нагружения с помощью управления усилием с замкнутым контуром при определении характеристик текучести. Когда испытываемый образец достигает эффекта текучести, скорость напряжения уменьшается и может даже стать отрицательной в случае образца с прерывистой текучестью. Попытка поддерживать постоянную скорость напряжения в процессе текучести образца требует, чтобы испытательная машина работала на чрезвычайно высоких скоростях, и в большинстве случаев это невозможно и нежелательно. Способ воздействия «В» остался из предыдущих версий стандарта ISO 6892-1:2019 и необходим в случае, если разрывная машина не может обеспечить требуемую скорость деформирования.

Сравнение рекомендуемых стандартами ГОСТ 1497-84 и ISO 6892-1:2019 способов воздействия на образец приведено в табл. 1. Очевидно, что основным способом воздействия на образец при статическом растяжении по ГОСТ 1497-84 является способ воздействия «В», который был характерен для аналоговых разрывных машин. Особенностью способов «А1» и «А2» является не только нормирование скоростей испытаний в более узком диапазоне, чем это предусмотрено способом «В», но и установление двух-трех альтернативных скоростей испытаний, одна из которых является рекомендуемой. Рекомендуемые стандартом ISO 6892-1:2019 скорости испытания выделены в таблице жирным шрифтом. Следует отметить, что рекомендуемая ISO 6892-1:2019 скорость испытания $0,00025 \text{ с}^{-1}$ для ГОСТ 1497-84 является нижним пределом допустимого диапазона скоростей и практически не используется в повседневных испытаниях в лабораториях, т. к. испытания одного образца на данной скорости деформирования длятся 30–40 минут.

Цифровизация разрывных машин

Межгосударственный стандарт ГОСТ 1497-84 разработан без учета требований к цифровизации

Таблица 1. Рекомендуемые скорости испытания для определения прочностных характеристик металлов при статическом растяжении различными способами

Table 1. Recommended test speeds for determining the strength characteristics of metals under static tension by various methods

Измеряемая величина	Скорость нагружения, $\text{Н}/(\text{мм}^2 \cdot \text{с})$		Скорость деформирования, с^{-1}			
	ГОСТ 1497	ISO 6892-1 метод В	ГОСТ 1497	ISO 6892-1 метод А1	ISO 6892-1 метод А2	ISO 6892-1 метод В
Предел текучести верхний	от 3 до 30	от 6 до 60	—	$0,00007 \pm 20\%$ или $0,00025 \pm 20\%$	—	(от $0,00025$ до $0,000025$) ¹
Предел текучести нижний (физический)	(от 3 до 30) ²	—	от $0,00025$ до $0,000025$	—	$0,00025 \pm 20\%$ или $0,002 \pm 20\%$	от $0,00025$ до $0,000025$
Предел текучести условный	от 3 до 30	—	—	$0,00007 \pm 20\%$ или $0,00025 \pm 20\%$	—	не более $0,0025$
Временное сопротивление	—	—	$0,0083$	—	$0,00025 \pm 20\%$ или $0,002 \pm 20\%$ или $0,0067 \pm 20\%$	не более $0,008$

¹ Если предел текучести верхний и предел текучести нижний определяют по одному графику.

² Если скорость деформирования не может быть обеспечена разрывной машиной.

измерительных процессов при испытании на растяжение, обусловленные применением разрывных машин с компьютерным управлением [7, 8]. Приложение А ISO 6892-1:2019 содержит рекомендации по использованию разрывных машин с компьютерным управлением, в том числе рекомендации, которые следует учитывать при разработке программного обеспечения и условий испытаний. Эти рекомендации касаются требований к конструкции, программному обеспечению машины и его валидации, а также правила обработки информации при испытании на растяжение для основных показателей.

Полоса пропускания каждого из измерительных каналов и частота дискретизации данных должны быть достаточными для регистрации изменчивости характеристик материала, подлежащих измерению. Например, для определения верхнего предела текучести для определения минимальной частоты дискретизации f_{min} стандарт ISO 6892-1:2019 рекомендует использовать формулу:

$$f_{min} = \frac{\dot{\epsilon} \cdot E}{\sigma_{TB} \cdot q},$$

где $\dot{\epsilon}$ – скорость деформации, с⁻¹;

E – модуль упругости, Н/мм²;

σ_{TB} – верхний предел текучести, Н/мм²;

q – относительная погрешность измерения усилия испытательной машины, %.

Определение модуля упругости

Приложение G ISO 6892-1:2019 содержит переработанную по сравнению с ГОСТ 1497-84 методику определения модуля упругости на основе работ [9–14].

Так как для определения условного предела текучести испытуемого материала оба стандарта предусматривают построение прямой линии с заданным смещением, параллельным линейной области кривой на растяжения-деформации, то большинство пользователей обычно предполагают, что наклон линейной упругой области кривой напряжения-деформации соответствует модулю упругости испытуемого материала, поскольку модуль упругости E определяется соотношением $E = \text{напряжение} / \text{деформация}$. Однако экстензометр класса 1, необходимый для испытания на статическое растяжение, недостаточно точен для измерения очень малых деформаций в области упругости для получения значений модуля с приемлемым уровнем неопределенности.

Точность экстензометра должна соответствовать классу точности 0,5 по ISO 9513:2012 в диапазоне

упругости. Деформация должна измеряться на противоположных сторонах испытательного образца. ISO 6892-1:2019 рекомендует использовать экстензометр с большой базой (например, равной 50 мм). Разрешение измерительных систем усилия и деформации должно быть достаточным для получения не менее 50 различных дискретных измеренных значений в диапазоне оценки, в отличие от 5–12 точек по ГОСТ 1497-84.

Метрологическое обеспечение измерений при испытании на статическое растяжение

Требования к метрологическому обеспечению измерений площади поперечного сечения содержатся в п. 3.1 ГОСТ 1497-84. Для определения начальной площади поперечного сечения необходимые геометрические размеры образцов измеряют с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Аналогичное требование содержит международный стандарт ISO 6892-1:2019. Средства измерения, используемые для определения исходной площади поперечного сечения, должны быть откалиброваны с учетом соответствующих стандартов с обеспечением прослеживаемости в национальной системе измерений. Измерительное устройство должно быть способно гарантировать точность измеренных данных более $\pm 0,5\%$ от измеренного значения.

Метрологическое обеспечение измерений деформации сформулировано как требования к метрологическим характеристикам тензометров в п. 2.3 ГОСТ 1497-84. При определении предела пропорциональности и пределов текучести условных с допусками на величину пластической или полной деформации при нагружении или остаточной деформации при разгрузке до 0,1 % относительная цена деления шкалы тензометра не должна превышать 0,005 % от начальной расчетной длины по тензометру; при определении предела текучести условного с допуском на величину деформации от 0,1 до 1 % – не должна превышать 0,05 % от начальной расчетной длины по тензометру.

Стандарт ISO 6892-1:2019 устанавливает требования к метрологическим характеристикам экстензометра в разделе 9. Для определения предела текучести условного (с допуском на величину пластической или полной деформации) используемый экстензометр должен соответствовать стандарту ISO 9513:2012, класс точности 1 или выше, в соответствующем диапазоне. Для других свойств (при деформации более 5 %) может использоваться экстензометр класса точности 2 ISO 9513:2012 в соответствующем диапазоне.

Следует отметить, что в ISO 6892-1:2019 сформулированы более жесткие требования к средствам измерения деформации (класс точности 0,5 по ISO 9513:2012), используемым при определении модуля упругости, чем в ГОСТ 1497-84 (специальные требования отсутствуют).

Согласно п. 2.1 ГОСТ 1497-84, разрывные и универсальные испытательные машины должны соответствовать требованиям ГОСТ 28840-90. Среди нормируемых метрологических характеристик должны быть «предел допускаемой погрешности измерения нагрузки при прямом ходе», «предел допускаемой погрешности измерения деформации (удлинения)», «предел допускаемой погрешности измерения и записи деформации», «предел допускаемой погрешности записи перемещения активного захвата». Сравнительный анализ измеряемых характеристик по ГОСТ 1497-84 и нормируемых метрологических характеристик по ГОСТ 28840-90 позволяет сделать вывод, что показатели «скорость нагружения» / «скорость деформирования» могли остаться не охваченными метрологическим обеспечением разрывных машин. Анализ данных испытаний с целью утверждения типа разрывных и универсальных испытательных машин, представленный в табл. 2, подтверждает это предположение. Характеристика «скорость нагружения» имеется только у одного типа разрывных

машин, но у нее отсутствует нормированная погрешность. Характеристика «скорость деформирования» отсутствует у всех машин, вместо нее нормируют разнообразные характеристики «скорость перемещения штока гидроцилиндра», «скорость перемещения подвижной траверсы», «скорость перемещения активного захвата», – не соответствующие ни ГОСТ 28840-90, ни ГОСТ 1497-84.

Существенным является требование ISO 6892-1:2019, чтобы разрывные машины имели выходы с аналоговыми сигналами, не обработанными программным обеспечением. Если такие выходные данные не предусмотрены, изготовитель машины должен предоставить не обработанные цифровые данные с информацией о том, как эти необработанные цифровые данные были получены и обработаны программным обеспечением. Они должны быть указаны в основных единицах измерения СИ, относящихся к усилию, удлинению, движению траверсы, времени и размерам испытываемого образца. Аналогичное требование в ГОСТ 1497-84 относится только к передаче информации машинами с электрическим силоизмерителем на ЭВМ или цифropечатающее устройство.

Как правило, изготовители машин не предоставляют информацию об алгоритмах расчетов механических

Таблица 2. Метрологические характеристики машин для испытания металлов на растяжение утвержденных типов

Table 2. Metrological characteristics of approved types of metal tensile testing machines

Утвержденные типы разрывных машин (Изготовитель, страна, рег. номер, организация-испытатель типа)	Наименование измеряемой характеристики согласно методу измерений по ГОСТ 1497-84			Нормируемая характеристика разрывной машины по ГОСТ 28840-90
	Усилие	Скорость нагружения / скорость деформирования	Деформация	Запись перемещения активного захвата
	Наименование метрологической характеристики согласно описанию типа разрывной машины, диапазон значений, погрешность			
«ZwickRoell GmbH & Co. KG», Германия	Сила от 1 до 3000 кН	Скорость перемещения штока гидроцилиндра от 0,1 до 500,0 мм/мин	Удлинение (по датчику деформации) от 0,5 до 1000,0 мм	Перемещение штока гидроцилиндра от 50 до 1000 мм
67805-17 ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5\%$	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 3 мкм (в диапазоне от 0,02 до 0,30 мм) ± 1 мкм (в диапазоне св. 0,30 мм)	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$

Продолжение табл. 2
Continuation of Tabl. 2

Утвержденные типы разрывных машин (Изготовитель, страна, рег. номер, организация-испытатель типа)	Наименование измеряемой характеристики согласно методу измерений по ГОСТ 1497-84			Нормируемая характеристика разрывной машины по ГОСТ 28840-90
	Усилие	Скорость нагружения / скорость деформирования	Деформация	Запись перемещения активного захвата
	Наименование метрологической характеристики согласно описанию типа разрывной машины, диапазон значений, погрешность			
Фирма «MTS Systems (China) Co., Ltd.», Китай 68869-17 ООО «ТестИнТех»	Сила от 3 до 2000 кН Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5\%$	—	—	Перемещение от 0 до 815 мм Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ мм (в диапазоне от 0 до 10 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$ мм (в диапазоне св. 10 мм)
ООО «Метротест» 69898-17 ФБУ «Ростест-Москва»	Сила от 2 до 1000 кН Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5\%$ / $\pm 1\%$	—	—	Перемещение от 2 до 75 мм Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$
ООО «Тестсистемы» 72200-18 ФГУП «УНИИМ»	Нагрузка от 0 до 100 кН (сила от 0 до 100000 Н) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	—	Деформация (по экстензометру) $\pm 900,000$ мкм Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$ База измерения 10, 25, 50 мм	Перемещение подвижной траверсы от 0,02 до 150,00 мм Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,02$ мм (в диапазоне от 0,02 до 2 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$ (в диапазоне св. 1 мм)

Продолжение табл. 2
Continuation of Tabl. 2

Утвержденные типы разрывных машин (Изготовитель, страна, рег. номер, организация-испытатель типа)	Наименование измеряемой характеристики согласно методу измерений по ГОСТ 1497-84			Нормируемая характеристика разрывной машины по ГОСТ 28840-90
	Усилие	Скорость нагружения / скорость деформирования	Деформация	Запись перемещения активного захвата
	Наименование метрологической характеристики согласно описанию типа разрывной машины, диапазон значений, погрешность			
«Instron, A Division of Illinois Tool Works, Inc.», США	Сила от 0 до 100 кН	Скорость перемещения подвижной траверсы до 500 мм/мин	—	—
56404-14 ФГУП «УНИИМ»	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$		
«Instron – division of Illinois Tool Works «Inc.», США	Сила От 0,6 до 2000 кН			Перемещение подвижной траверсы от 0 до 610 мм
81645-21	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5\%$	—	—	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,13$ мм (в диапазоне от 0 до 26 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,5\%$ (в диапазоне св. 26 мм)
ООО «ГОСТ», Россия	Сила от 0,01 до 2000 кН	Скорость перемещения подвижной траверсы от 0,001 до 1500 мм/мин	Перемещение (деформация) от -10 до 3000 мм	Перемещение подвижной траверсы от 0 до 3000 мм
82572-21	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,01$ мм/мин	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,01$ мм (в диапазоне от 0 до 25 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1\%$ (в диапазоне св. 25 мм)	Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,01$ мм (в диапазоне от 0 до 25 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 0,1\%$ (в диапазоне св. 25 мм)

Продолжение табл. 2
Continuation of Tabl. 2

Утвержденные типы разрывных машин (Изготовитель, страна, рег. номер, организация-испытатель типа)	Наименование измеряемой характеристики согласно методу измерений по ГОСТ 1497-84			Нормируемая характеристика разрывной машины по ГОСТ 28840-90
	Усилие	Скорость нагружения / скорость деформирования	Деформация	Запись перемещения активного захвата
	Наименование метрологической характеристики согласно описанию типа разрывной машины, диапазон значений, погрешность			
ФГУП «Точмашприбор», Россия 16610-97 ФГУ «Краснодарский ЦСМ»	Нагрузка до 1000 кН Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Скорость перемещения активного захвата от 3 до 100 мм/мин Скорость нагружения от 1 до 100 кН/с	—	Перемещение активного захвата от 0,1 до 340 мм Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,03$ мм (в диапазоне от 0,1 до 1,5 мм) Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 2\%$ (в диапазоне св. 1,5 мм)
ООО «МАШПЛАСТ», Россия 41946-09 ФГУ «Ростест-Москва»	Нагрузка от 1 до 1000 Н Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Скорость активной траверсы от 0,01 до 500 мм/мин Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,1$ мм/мин	—	Перемещение подвижной траверсы (деформация) от 0,1 до 1200 мм Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 2\%$
АО «Точприбор», Россия 71168-18 ФБУ «Ивановский ЦСМ»	Сила от 2 до 100 кН Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 2\%$ / $\pm 1\%$	Скорость перемещения активного захвата от 0,01 до 200,00 мм/мин Пределы допускаемой относительной погрешности: $\pm 20\%$ (в диапазоне от 0,5 до 1 мм/мин) $\pm 5\%$ (в диапазоне св.1 до 5 мм/мин) $\pm 1\%$ (в диапазоне св.5 до 50 мм/мин)	—	Перемещение активного захвата от 0,5 до 500 мм Пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,1$ мм (в диапазоне от 0,5 до 10 мм) $\pm 0,3$ мм (в диапазоне св. 10 мм)

Окончание табл. 2
End of Table 2

Утвержденные типы разрывных машин (Изготовитель, страна, рег. номер, организация-испытатель типа)	Наименование измеряемой характеристики согласно методу измерений по ГОСТ 1497-84			Нормируемая характеристика разрывной машины по ГОСТ 28840-90
	Усилие	Скорость нагружения / скорость деформирования	Деформация	Запись перемещения активного захвата
	Наименование метрологической характеристики согласно описанию типа разрывной машины, диапазон значений, погрешность			
ООО «ИТС», Россия	Нагрузка от 0,5 до 500 Н	Скорость активной траверсы от 7,5 до 250 мм/мин		Перемещение подвижной траверсы не менее 530 мм
40156-08 ФГУ «Ивановский ЦСМ»	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 1\%$	Пределы допускаемой относительной погрешности $\pm 5\%$	—	Пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,1$ мм (в диапазоне от 0 до 10 мм) $\pm 0,5$ мм (в диапазоне св. 10 мм)

свойств материалов (упругости, пластичности и прочности), поэтому ISO 6892-1:2019 рекомендует проводить процедуру проверки программного обеспечения для определения свойств при растяжении.

Эффективность алгоритмов, используемых встроенным программным обеспечением машины для определения различных характеристик материалов, ISO 6892-1:2019 рекомендует проверять: путем сравнения с результатами, полученными традиционным способом

путем построения или расчета на основе графиков аналоговых или цифровых данных.

Если различия между средними значениями, определенными программным обеспечением, и значениями, определенными вручную на пяти аналогичных испытанных образцах, для каждого соответствующего свойства находится в пределах, указанных в табл. 3, то можно быть уверенным в достоверности обработки программным обеспечением машины.

Таблица 3. Максимально допустимые расхождения между результатами, полученными с помощью программного обеспечения, и результатами, полученными вручную

Table 3. Maximum permissible discrepancies between software and manual results

Характеристика материала	Среднее значение		Стандартное отклонение	
	Допускаемая относительная погрешность, %	Допускаемая абсолютная погрешность, Н/мм ²	Допускаемая относительная погрешность, %	Допускаемая абсолютная погрешность, Н/мм ²
Условный предел текучести с допуском 0,2 % на величину пластической деформации	$\leq 0,5$	2	$\leq 0,35$	2
Верхний предел текучести	≤ 1	4	$\leq 0,35$	2
Нижний предел текучести	$\leq 0,5$	2	$\leq 0,35$	2
Временное сопротивление	$\leq 0,5$	2	$\leq 0,35$	2

Результаты межлабораторных сравнительных испытаний (МСИ)

Типичный разброс результатов испытаний на растяжение для различных материалов, о которых сообщалось во время МСИ, которые включают как неоднородность материалов, так и погрешность измерений, приведены в приложении L стандарта ISO 6892-1:2019. Уральский научно-исследовательский институт метрологии проводил раунды МСИ в 2017–2021 гг. по ГОСТ 1497-84, ГОСТ 10006-80, ГОСТ 10446-80. Обработанные результаты проведенных раундов представлены на рис. 2–5.

Результаты воспроизводимости на графиках выражены в процентах, рассчитанных путем умножения на 2 стандартного отклонения (СКО) соответствующего параметра, например, и деления результата на среднее значение параметра, тем самым давая значения воспроизводимости, которые представляют 95 %-ный уровень достоверности в соответствии с рекомендациями,



Рис. 2. Результаты раундов МСИ по показателю «временное сопротивление» (σ_B)

Fig. 2. The results of rounds of interlaboratory comparisons (ILCs) for the «tensile strength» (σ_B)

приведенными в ГОСТ 34100.3-2017, и которые могут быть непосредственно сопоставлены с расширенными значениями неопределенности, рассчитанными альтернативными методами. Сравнение результатов, приведенных в ISO 6892-1:2019 и на рис. 2–5 (ГОСТ 1497-84) позволяет сделать вывод о схожести результатов по показателям σ_B , ψ и большем разбросе результатов по показателю $\sigma_{0.2}$, δ , что можно объяснить большей неопределенностью, связанной с алгоритмом расчета $\sigma_{0.2}$, отсутствием процедуры верификации программного обеспечения разрывных машин в большинстве лабораторий РФ.

Обсуждение и заключение

Схема метода проведения испытаний на статическое растяжение по ГОСТ 1497-84 или ISO 6892-1:2019 для определения механических характеристик технического объекта приведена на рис. 6 с указанием необходимых прямых измерений [3].



Рис. 3. Результаты раундов МСИ по показателю «предел текучести» ($\sigma_{0.2}$)

Fig. 3. The results of rounds of interlaboratory comparisons (ILCs) for the «yield strength» ($\sigma_{0.2}$)



Рис. 4. Результаты раундов МСИ по показателю «относительное удлинение» (δ)

Fig. 4. The results of rounds of interlaboratory comparisons (ILCs) for the «percentage elongation after fracture» (δ)



Рис. 5. Результаты раундов МСИ по показателю «относительное сужение» (ψ)

Fig. 5. The results of rounds of interlaboratory comparisons (ILCs) for the «percentage reduction of area» (ψ)

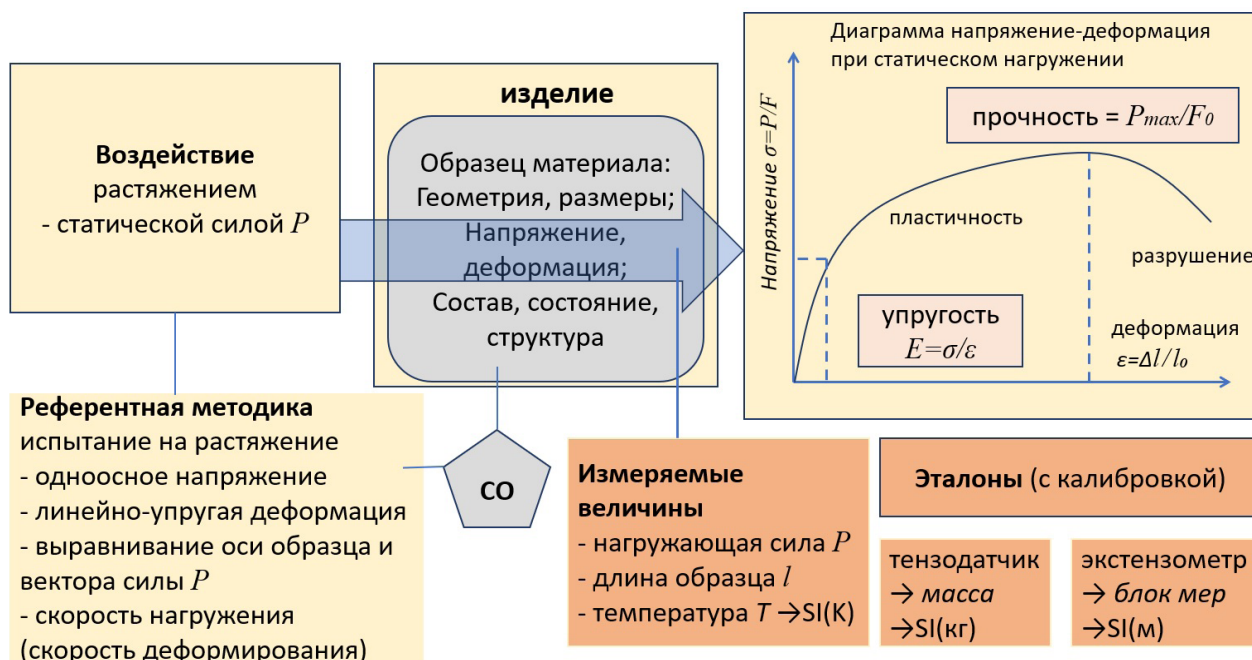


Рис. 6. Комбинация измерений и испытания для определения механических характеристик изделия
Fig. 6. A combination of measurements and tests to determine the mechanical characteristics of the product

Известно, что механические свойства материалов характеризуют реакцию образца материала на нагрузку. Механическое нагружающее воздействие на материалы для инженерных целей классифицируют как растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг или кручение, которые могут быть статическими или динамическими. Кроме того, при нагружении могут возникать термомеханические эффекты. Испытание для определения механических свойств состоит из измерения механического напряжения при нагружении (сила/площадь поперечного сечения) и измерения соответствующего отклика материалов (деформация, удлинение) для построения кривой вида «напряжение–деформация». Режимы нагружения и точки данных характеризуют механическое поведение материалов.

Рассмотрим, например, свойство упругости, которая является важной характеристикой любого проектируемого оборудования. Модуль упругости (E) описывает отношение между напряженным состоянием материала (σ), и деформационным (ϵ) откликом материала или наоборот. Если при испытании используется экстензометр, то воздействие принимает форму приложенной нагрузки, а измеряемый эффект – это удлинение образца. Прослеживаемость к единице механического напряжения должна обеспечиваться измерением усилия с помощью калиброванного тензодатчика

и измерением площади поперечного сечения образца с помощью калиброванного микрометра, в то время как прослеживаемость деформации обеспечивается путем измерения изменения длины от первоначально измеренной опорной длины, обычно с помощью калиброванного тензодатчика. Однако этого недостаточно для обеспечения правильности результата, если не использовать на идентично подготовленных образцах референтную методику испытаний или сертифицированный стандартный образец (референтный материал).

Чтобы убедиться в этом, следует разделить метрологические и методические аспекты испытания:

- метрологически для определения характеристик прочности (временное сопротивление, предел текучести, относительное удлинение) измеряемыми величинами являются усилие (P), площадь поперечного сечения (F) и изменение длины (l) образца, причем все это при нормальной температуре (T);

- методически на механические характеристики, определяемые по диаграмме «напряжение-деформация», оказывают влияние по меньшей мере следующие группы параметров, которые должны быть соотнесены с соответствующими основами для сравнения:

- технология изготовления объекта, от которой зависит химическая и физическая природа объекта: химический состав, состояние и свойства, связанные

со структурой, такие как кристаллографические эффекты памяти формы; размер зерен (мелкий/крупный), упрочняющая обработка и др.;

– величина механического нагружения и зависимость от величины деформации: упругая зона, зона текучести, зона пластичности;

– вид временной зависимости режима испытания (используется скорость нагружения или скорость деформирования, важна ее величина).

Поэтому представляется логичным в качестве основы для сравнения выбрать первичную референтную методику, разработанную на основе гармонизированного ГОСТ 1497-84 (со стандартом ISO 6892-1:2019), которая измеряет механические свойства с максимально возможной точностью для разных типов образцов, различающихся технологией изготовления: проволоки, сегментов труб, проката сортового и листового, тонких листов и лент. Единицу механических напряжений σ_b , $\sigma_{0.2}$ передавать методикам ГОСТ 10006-80, ГОСТ 11701-84, ГОСТ 10446-80, ГОСТ 1497-84, использующимся в испытательных лабораториях, с помощью стандартных образцов утвержденного типа для материала соответствующей технологии изготовления. Предлагаемая схема обеспечения метрологической прослеживаемости результатов испытаний на одноосное статическое растяжение приведена на рис. 7.

Использование стандартных образцов характеристик механических свойств утвержденного типа обеспечит метрологическую прослеживаемость результатов измерений характеристик механических свойств к референтной методике измерений как к основе для сравнения и позволит обеспечить достоверность результатов измерений механических свойств с учетом не только показателей промежуточной прецизионности, но и показателей правильности при аттестации методик измерений механических свойств, применяемых в лабораториях при установленных значениях влияющих параметров. Разработанные УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» в 2021 г. методики измерений МИ 222-581-2021, МИ 222-583-2021, МИ 222-584-2021 были аттестованы только на основе показателей промежуточной прецизионности в связи с отсутствием соответствующих стандартных образцов для оценки показателей правильности.

В рамках предложенного подхода разработан и утвержден тип стандартного образца механических свойств стали марки 20 – ГСО 11854-2021, предназначенный для обеспечения прослеживаемости результатов испытаний на статическое растяжение сортового проката.

Благодарности: авторы выражают благодарность инженеру лаборатории 265 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Ченцовой Юлии

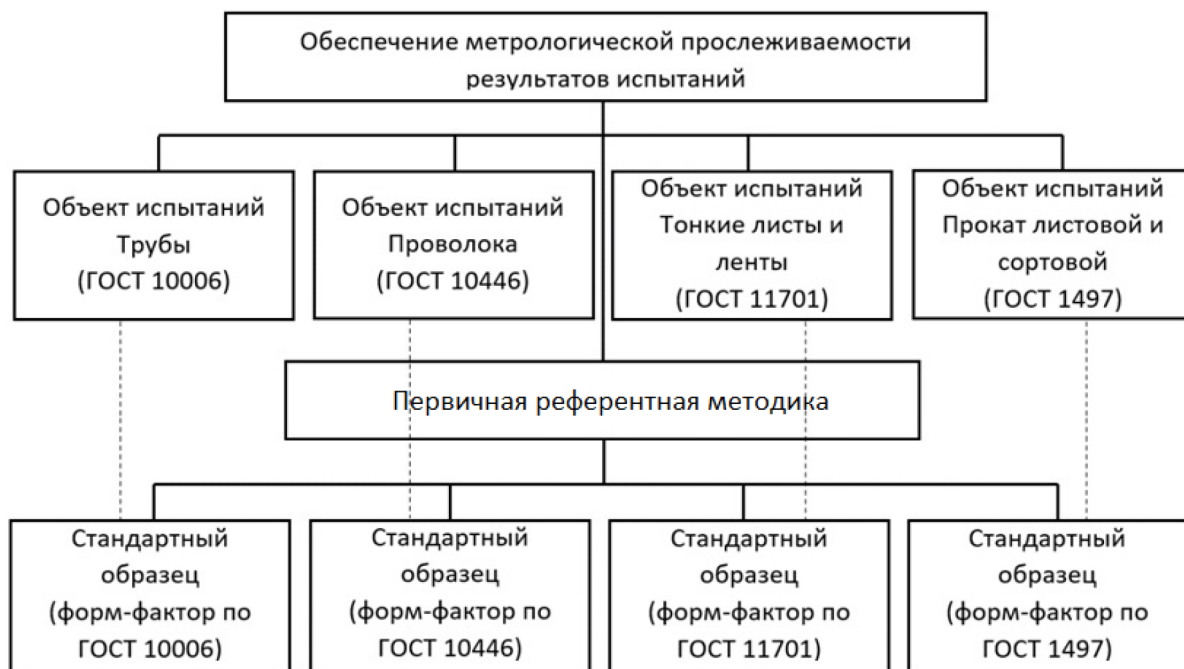


Рис. 7. Схема обеспечения метрологической прослеживаемости результатов испытаний на одноосное статическое растяжение

Fig. 7. The scheme for ensuring the metrological traceability of the results of tests for static uniaxial tension

Сергеев за предоставленные отчеты МСИ; инженеру лаборатории 265 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» Забелиной Анастасии Андреевны за проведенные расчеты.

Acknowledgments: The authors express their gratitude to the engineer of the laboratory 265 of the UNIIM Julia S. Chentsova for the results of interlaboratory experiments; the engineer of the laboratory 265 of the UNIIM Anastasia A. Zabelina for the calculations.

Вклад соавторов: Толмачев В. В. – разработка концепции исследования, проведение

исследовательских работ, осуществление формального анализа. Матвеева И. Н. – осуществление формального анализа, создание визуальных материалов.

Author Contribution: V. V. Tolmachev – development of the research concept, research work, formal analysis. I. N. Matveeva – formal analysis, creation of visual materials.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interests.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Фридман Я. Б. Механические свойства металлов. 3-е изд. В 2 ч. М.: Машиностроение, 1974. 471 с.
2. Бернштейн М. Л., Займовский В. А. Механические свойства металлов. 2-е изд. М.: Металлургия, 1979. 495 с.
3. Czichos H., Saito T., Smith L. Springer Handbook of Metrology and Testing. Berlin: Springer, 2011. 1229 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16641-9>
4. Aegerter J., Bloching H., Sonne H. M. Influence of the testing speed on the yield/proof strength – Tensile testing in compliance with EN10002–1 // *Materials Testing*. 2001. Vol. 43. № 10. P. 393–403. <https://doi.org/10.1515/mt-2001-431006>
5. McEntegart I., Lohr R. D. Mechanical testing machine criteria // Dyson B. G., Loveday M. S., Gee M. G. *Materials metrology and standards for structural performance*. London: Chapman & Hall, 1995. P. 19–33. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1264-2_2
6. Understanding ISO 6892–1:2016 and the Most Notable Changes // *AZO Materials*. 25 July 2016. URL: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=13017>
7. Rides M., Lord J. TENSTAND final report: Computer-controlled tensile testing according to EN10002–1: Results of a comparison test programme to validate a proposal for an amendment of the standard. Teddington: National Physical Laboratory, 2005. 44 p.
8. Loveday L. J., Rides M. S., McEntagart M. TENSTAND WP2 final report: Digital tensile software evaluation: Computer-controlled tensile testing machines validation of European Standard EN10002–1. Teddington: National Physical Laboratory, 2005.
9. Aspects of modulus measurement / G. D. Dean [et al.] // *Materials metrology and standards for structural performance*. London: Chapman & Hall, 1995. P. 150–209.
10. Roebuck B., Lord J. D., Cooper P. M., McCartney L. N. Data Acquisition and Analysis of Tensile Properties for Metal Matrix Composites // *Journal of Testing and Evaluation*. 1994. № 22. P. 63–69. <https://doi.org/10.1520/JTE12634J>
11. Sonne H. M., Hesse B. B. Determination of Young's modulus on steel sheet by computerized tensile test – Comparison of different evaluation concepts // *Proceedings of Werkstoffprüfung [Materials testing]*. Berlin: DVM, 1993.
12. Rides L. J., Loveday M. Modulus Measurement Methods TENSTAND WP3 Final Report NPL REPORT DEPC MPE, 2005.
13. Aegerter J., Frenz H., Kühn H.-J., Weissmüller C. EN ISO 6892–1:2009 Tensile Testing: Initial Experience from the Practical Implementation of the New Standard // *Materials Testing*. 2011. Vol. 53. № 10. P. 595–603. <https://doi.org/10.3139/120.110269>
14. Weissmüller C., Frenz H. Measurement Uncertainty for the Determination of Young's Modulus on Steel // *Materials Testing*. 2013. Vol. 55. № 9. P. 643–647.

REFERENCES

1. Friedman J. B. Mechanical properties of metals. 3th ed. In 2 vol. Moscow: Mashinostroenie Publ.; 1974: 471 p. (In Russ.).
2. Bernstein M. L., Zaimovsky V. A. Mechanical properties of metals. 2nd ed. Moscow: Metallurgy Publ.; 1979: 495 p. (In Russ.).
3. Czichos H., Saito T., Smith L. Springer Handbook of Metrology and Testing. Berlin: Springer; 2011. 1229 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16641-9>
4. Aegerter J., Bloching H., Sonne H. M. Influence of the testing speed on the yield/proof strength – Tensile testing in compliance with EN10002–1. *Materials Testing*. 2001;43(10):393–403. <https://doi.org/10.1515/mt-2001-431006>
5. McEntegart I., Lohr R. D. Mechanical testing machine criteria. In: Dyson B. G., Loveday M. S., Gee M. G. (eds.) *Materials metrology and standards for structural performance*. London: Chapman & Hall; 1995. P. 19–33. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1264-2_2
6. Understanding ISO 6892–1:2016 and the Most Notable Changes. *AZO Materials*. 25 July 2016. Available at: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=13017>
7. Rides M., Lord J. TENSTAND final report: Computer-controlled tensile testing according to EN10002–1: Results of a comparison test programme to validate a proposal for an amendment of the standard. Teddington: National Physical Laboratory; 2005. 44 p.
8. Loveday L. J., Rides M. S., McEntagart M. TENSTAND WP2 final report: Digital tensile software evaluation: Computer-controlled tensile testing machines validation of European Standard EN10002–1. Teddington: National Physical Laboratory; 2005.

9. Dean G. D., Loveday M. S., Cooper P. M., Read B. E., Roebuck B., Morrell. R. Aspects of modulus measurement. In: *Materials metrology and standards for structural performance*. London: Chapman & Hall; 1995. P. 150–209.
10. Roebuck, B., Lord, J.D., Cooper, P.M., McCartney, L. N. Data Acquisition and Analysis of Tensile Properties for Metal Matrix Composites. *Journal of Testing and Evaluation*. 1994;(22):63–69. <https://doi.org/10.1520/JTE12634J>
11. Sonne H. M., Hesse B. B. Determination of Young's modulus on steel sheet by computerized tensile test – Comparison of different evaluation concepts. In: *Proceedings of Werkstoffprüfung [Materials testing]*. Berlin: DVM; 1993.
12. Rides L. J., Loveday M. Modulus Measurement Methods TENSTAND WP3 Final Report NPL REPORT DEPC MPE, 2005.
13. Aegerter J., Frenz H., Kühn H.-J., Weissmüller C. EN ISO 6892–1:2009 Tensile Testing: Initial Experience from the Practical Implementation of the New Standard. *Materials Testing*. 2011;53(10):595–603. <https://doi.org/10.3139/120.110269>
14. Weissmüller C., Frenz H. Measurement Uncertainty for the Determination of Young's Modulus on Steel. *Materials Testing*. 2013;55(9):643–647.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ISO 6892–1:2019 Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/78322.html>

ISO 9513:2012 Metallic materials – Calibration of extensometer systems used in uniaxial testing. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/41619.html>

ГОСТ 1497–84 Металлы. Методы испытаний на растяжение = Metals. Methods of tension test: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 31.03.80 N1464: издание официальное: дата введения 1980.07.01. / разработан и внесен Министерством черной металлургии СССР. Москва: Стандартинформ, 2008. Текст: непосредственный.

ГОСТ 10006–80 (ISO 6892–84) Трубы металлические. Метод испытания на растяжение = Metal tubes. Tensile test method: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16.07.84 N2515: издание официальное: дата введения 1986.01.01. / разработан и внесен Министерством металлургии СССР. Москва: Стандартинформ, 2010. Текст: непосредственный.

ГОСТ 10446–80 (ISO 6892–84) Проволока. Метод испытания на растяжение = Wire. Tensile test method: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 03.06.80 N2515: издание официальное: дата введения 1982.01.01. / разработан и внесен Министерством металлургии СССР. Москва: Стандартинформ, 2010. Текст: непосредственный.

ГОСТ 11701–84 Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент = Metals. Methods of tensile testing of thin sheets and strips: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17.07.84 N2514: издание официальное: дата введения 1986.01.01. / разработан и внесен Министерством черной металлургии СССР. Москва: Стандартинформ, 1986. Текст: непосредственный.

ГОСТ 28840–90 Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования = Machines for tension, compression and bending testing of materials. General technical requirements: межгосударственный стандарт: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 29.12.90 N3530: издание официальное: дата введения 1993.01.01. / разработан и внесен Министерством электротехнической промышленности и приборостроения СССР. Москва: Издательство стандартов, 1993. Текст: непосредственный.

ГСО 11854–2021 Стандартный образец механических свойств стали марки 20. Текст: электронный // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2021. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/19/items/1395637>

ГЭТ 2–2021 Государственный первичный эталон единицы длины – метра / институт хранитель ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Текст: электронный // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2021. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/1387037>

ГЭТ 32–2011 Государственный первичный эталон единицы силы / институт хранитель ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Текст: электронный // Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений: официальный сайт. 2021. URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/12/items/397917>

МИ 222-581-2021 Методика измерений механических свойств сталей при статическом нагружении: Свидетельство об аттестации № 265.0044/RA.RU.311866/2021 от 26.04.2021 / разработано ООО «ТК «ОМЗ-Ижора», УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Екатеринбург: УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», 2021. Текст: непосредственный.

МИ 222-583-2021 Методика измерений механических свойств стальных труб при статическом растяжении: Свидетельство об аттестации № 265.0154/RA.RU.311866/2021 от 01.12.2021 / разработано ООО «ТК «ОМЗ-Ижора», УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева». Екатеринбург: УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», 2021. Текст: непосредственный.

МИ 222-584-2021 Методика измерений механических свойств тонких стальных листов и лент при статическом растяжении: Свидетельство об аттестации № 265.0156/RA.RU.311866/2021 от 01.12.2021 / разработано ООО «ТК «ОМЗ-Ижора», УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева». Екатеринбург: УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», 2021. Текст: непосредственный.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Матвеева Илона Николаевна – научный сотрудник лаборатории менеджмента риска и метрологического обеспечения безопасности технологических систем УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева», Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
e-mail: Sertif@uniim.ru

Толмачев Владимир Валерьянович – канд. физ.-мат. наук, заведующий отделом метрологии механических и геометрических величин и характеристик Уральского научно-исследовательского института метрологии – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Россия, 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская, 4
e-mail: Sertif@uniim.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ilona N. Matveeva – Researcher, Laboratory for Risk Management and Metrological Safety Assurance of Technological Systems, UNIIM – Affiliated Branch of the D.I. Mendeleyev Institute for Metrology.
4 Krasnoarmeyskaya str., Ekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: Sertif@uniim.ru

Vladimir V. Tolmachev – Cand. Sci. (Physical and Mathematical Sciences), Head of the Department of metrology of mechanical and geometric quantities and characteristics, UNIIM – Affiliated Branch of the D.I. Mendeleyev Institute for Metrology.
4 Krasnoarmeyskaya str., Ekaterinburg, 620075, Russia
e-mail: Sertif@uniim.ru