ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ПО ИЗУЧЕНИЮ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ВАКУУМА (ВНИЦ ПВ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

МИ 1453—86

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1987

gost.e-ecolog.ru

РАЗРАБОТАНЫ Всесоюзным научно-исследовательским центром по материалам и веществам Госстандарта СССР (ВНИЦ МВ Госстандарта СССР), Московским институтом стали и сплавов

ИСПОЛНИТЕЛИ

Л. В. Кобликова; Г. А. Карпова; М. И. Орлов, канд. физ.-мат. наук

ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Всесоюзным научно-исследовательским институтом метрологической службы (ВНИИМС)

Начальник отдела стандартизации Г. П. Сафаров

УТВЕРЖДЕНЫ секцией № 3 научно-технического Совета Всесоюзного научно-исследовательского центра по изучению свойств поверхности и вакуума 19 декабря 1985 г. (протокол № 25).

УДК 661 : 620.178

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Оценка достоверности данных о физико-механических свойствах металлов и сплавов

МИ 1453—86

Введены в действие
с 1 июля 1987 г.

Настоящие методические указания устанавливают основные принципы оценки достоверности результатов измерений физико-механических свойств металлов и сплавов.

Методические указания рассчитаны на инженерно-технических и научных работников лабораторий физико-механических испытаний.

Излагаемые методы оценки достоверности данных предусматривают возможность использования ЭВМ.

Методические указания разработаны в дополнение к государственным стандартам на методы определения физико-механических свойств металлов и сплавов.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Методы определения данных о физико-механических свойствах металлов и сплавов* регламентируются действующими государственными стандартами. Настоящие методические указания устанавливают основные принципы оценки достоверности результатов измерений физико-механических свойств металлов и сплавов**.

1.2. Методические указания распространяются на данные, полученные методами измерений макроскопически изотропного материала в зоне температур и внешних физических воздействий, не приводящих к изменению его химического состава и структуры.

1.3. Определение данных в различных областях науки и техники проводится с разных физических позиций:

в математических теориях упругости, пластичности и ползучести, исходя из представлений о сплошной среде;

в физике твердого тела с учетом атомной структуры и ее нарушений на основе теории дислокаций и вакансий;

в металловедении с учетом микроструктуры и ее изменений;

в физико-химической механике с учетом воздействий окружающей среды на деформируемое тело.

---

* В дальнейшем — данные.

** В дальнейшем — результаты измерения.

© Издательство стандартов, 1987

1.4. Оценка достоверности данных должна проводиться на основе обеспечения и оценки точности определения данных конкретным методом определения и сравнительного анализа и сопоставления результатов измерения с оцененными данными, полученными в других лабораториях, с помощью методов и средств измерения, основанных на других физических предпосылках и позициях. Поскольку данные об одном и том же свойстве в большей или меньшей степени согласованы, основной задачей при проведении сравнительного анализа является оценка согласованности данных между собой.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

2.1. Большое число методов получения данных о физико-механических свойствах металлов и сплавов основано на выполнении косвенных измерений, то есть измерений, при которых значения измеряемой величины A находят путем согласованных измерений других величин—аргументов A_i, связанных с измеряемой величиной известной зависимостью

$$A=f(A_1, \ldots, A_m), \qquad (1)$$

где A — искомое значение косвенно измеряемой величины; f — функциональная зависимость, форма которой и природа связанных ею величин заранее известны; $A_1, \ldots, A_m$ — значения величин A_i.

По виду функциональной зависимости (1) необходимо различать косвенные измерения с линейной зависимостью (линейные) с нелинейной зависимостью (нелинейные) между измеряемой величиной и аргументами.

2.2. Так как аргументы A_i, содержащие случайные и систематические погрешности измерений, являются случайными величинами, измеряемую величину A следует рассматривать функцией случайных величин с нормальным распределением вероятностей.

2.3. В качестве оценки истинного значения косвенно измеряемой величины A необходимо принимать значение, получаемое подстановкой в (1) средних арифметических значений аргументов.

$$\bar{A}=f(\bar{A}_1, \ldots, \bar{A}_m). \qquad (2)$$

2.4. Результаты измерения величин $A, A_1, \ldots, A_m$ должны быть представлены совокупностью следующих данных:

$\bar{A}$ — оценка измеряемой величины;

$\bar{A}_i$ — оценка аргумента A_i;

$\Theta(\alpha), \Theta_i(\alpha)$ — границы систематической погрешности результата измерения, вычисленной для доверительной вероятности α;

S, S_l — оценка среднего квадратического отклонения результата измерения;

n — число наблюдений, использованных для нахождения S, S_l.

2.5. Систематические погрешности, возникающие при измерении физико-механических свойств металлов и сплавов, обусловлены многими причинами, как то:

несоответствием представлений о структуре и физических свойствах материала образца, положенных в основу теоретического соотношения;

несоответствием геометрии образца (формы, размеров), принятым в модели;

несоответствием условий внешнего воздействия на образец, принятым при проведении измерений (его закреплении в измерительной установке, воздействие агрессивных сред, неучтенное воздействие температур, воздушных потоков, атмосферного давления, влажности воздуха, вибраций, магнитных и электрических полей, ионизирующих излучений и др.);

неточностью показаний измерительных приборов из-за их конструкционных недостатков или технологического несовершенства изготовления (наличием люфтов и мертвых ходов в подвижных частях, неравномерным трением в опорах, неточностью градуировки средств измерения, старением (износом) деталей, элементов узлов измерительных приборов, а также нарушением их регулировки и т. д.);

несовершенством метода измерения, как следствие некоторых допущений и упрощений, применением эмпирических формул и функциональных зависимостей вместо точных, неполным знанием всех свойств наблюдаемых явлений и т. п.;

индивидуальными особенностями наблюдателя.

2.5.1. Поскольку невыявленные систематические погрешности могут быть причиной ошибочных выводов, установления ложных законов, неудовлетворительной конструкции устройства и массового брака на производстве, для обеспечения достоверности получения данных необходимо проводить тщательный анализ и учет возможных причин появления систематических погрешностей.

2.5.2. Учет систематических погрешностей заключается в их обнаружении и максимально возможном исключении путем введения компенсирующей поправки.

2.5.3. При прямых измерениях A_l с точным оцениванием систематических погрешностей необходимо различать средства измерения, показания которых дают оценку измеряемой величины (основные) и средства измерения влияющих величин (дополнительные). Для основных средств измерения необходимо установить индивидуальные систематические погрешности, для дополнительных можно ограничиться данными нормативных документов. Далее необходимо найти функции влияния тех влияющих величин, кото-

рые при измерении могут оказаться за пределами области их нормальных значений.

$$C=-\left(\sum_{i=1}^{k}\Theta_{0i}+\sum_{j=1}W_jE_j\right) \qquad (3)$$

где C — поправка; Θ_{0i} — оценка систематической погрешности основных средств измерения; E_j — оценка влияющей величины; W_j — коэффициент влияния.

2.5.4. Неисключенные систематические погрешности должны учитываться при определении погрешности аргументов A_i.

Например, причинами неисключенных остатков систематических погрешностей могут быть:

систематические погрешности образцовых средств, с помощью которых оценивались погрешности основных средств измерения;

погрешности оценки влияющей величины и определения коэффициента влияния;

возможная динамическая погрешность и т. п.

2.5.5. Для вычисления неисключенных систематических погрешностей их необходимо рассматривать как случайные величины с равномерной плотностью распределения Θ_i, принимая, что распределение Θ изменяется в зависимости от числа слагаемых Θ_i от равномерного до нормального.

$$\Theta=\sum_{k=1}^{n}df/dA_i\,\Theta_i, \qquad (4)$$

где df/dA_i — частная производная в точке измерения или коэффициент влияния Θ_i на Θ.

2.5.6. В случае линейных косвенных измерений, когда $A=\sum_{i=1}^{m}b_i\cdot A_i$, для оценки границ систематической погрешности следует пользоваться следующими правилами.

2.5.6.1. Если число m мало и Θ_i можно считать равномерно распределенными в пределах границ Θ_i, то

$$\Theta_{(\alpha)}=k\sqrt{\sum_{i=1}^{m}b_i^2\ \Theta_i^2}\ . \qquad (5)$$

Значения коэффициента k приведены в ГОСТ 8.207—76.

При $m\leqslant 3$ следует также оценить сумму $\sum_{i=1}^{m}b_i\Theta_i$, и если $k\sqrt{\sum_{i=1}^{m}b_i^2\ \Theta_i^2}>\sum_{i=1}^{m}b_i\Theta_i$, то за границы неисключенной систематической погрешности нужно принять

$$\Theta_{(\alpha)}=\sum_{i=1}^{m}b_i\Theta_i\ . \qquad (6)$$

2.5.6.2. Если составляющие Θ_i образованы большим числом слагаемых и все границы Θ_i вычислены для одной и той же доверительной вероятности α, то

$$\Theta_{(\alpha)}=\sqrt{\sum_{i=1}^{m} b_i^2\ \Theta_i^2}\ , \tag{7}$$

Если k слагаемых Θ_i имеют нормальное распределение и l-равномерное, то

$$\Theta_{(\alpha)}=t_{\Sigma}\cdot S(\Theta), \tag{8}$$

$$t_{\Sigma}=\frac{\Theta_k+\Theta_l}{S_k+S_l}\ , \tag{9}$$

$$S(\Theta)=\sqrt{S_k^2+S_l^2}=\sqrt{\sum_{i=1}^{k} b_i^2\left(\frac{\Theta_i}{t_{\frac{1+\alpha}{2}}}\right)^2+\sum_{j=1}^{l} b_j^2\,\frac{\Theta_j^2}{3}}\ , \tag{10}$$

2.5.7. В случае нелинейных косвенных измерений, когда $A=A_1^k\cdot A_2^l\ldots A_m^n$, расчет систематической погрешности результата измерения необходимо производить в относительной форме

$$\Delta=\frac{\Theta}{A}\ . \tag{11}$$

Вместо абсолютных погрешностей измерений аргументов во всех формулах следует оперировать их относительными погрешностями. Коэффициенты влияния для относительных погрешностей аргументов оказываются равными показателями степеней соответствующих аргументов.

$$\Delta=\sqrt{k^2\,\Delta_1^2+l^2\Delta_2^2+\ldots+n^2\Delta_m^2}\ . \tag{12}$$

Для расчета границ систематической погрешности результата измерения необходимо пользоваться теми же правилами, что и в п. 2.5.6, границы систематических погрешностей Θ_i заменить на Δ, а коэффициенты b_i на коэффициенты влияния в относительной форме.

2.5.8. В случае нелинейной зависимости смешанного типа уравнение принимает вид

$$A=\prod_{i=1}^{m} f_i(A_i)+\ldots+\prod_{i=1}^{r} f_i(A_i). \tag{13}$$

Расчет систематической погрешности результата измерения A приведен в пп. 2.5.6 и 2.5.7.

2.6. Случайная погрешность результата косвенного измерения, образующаяся путем сложения случайных погрешностей аргументов A_i с большим основанием может считаться нормально распределенной величиной.

2.6.1. Оценка среднего квадратического отклонения случайной погрешности определяется соотношением

$$S_{\tilde{A}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial f}{\partial A_i}\right)^2 \cdot S_i^2 + 2\sum_{\substack{k,\,l=1\\ k\neq l}}^{m} \frac{\partial f}{\partial A_l} \cdot \frac{\partial f}{\partial A_k} \cdot S_l \cdot S_k \cdot \tilde{\rho}_{kl}}, \qquad (14)$$

где df/dA_i — частная производная в точке измерения, вычисляемая при средних арифметических значениях аргументов; S_l, S_k — оценки средних квадратических отклонений результатов измерений величин A_l и A_k соответственно; $\tilde{\rho}_{kl}$ — оценка коэффициента корреляции между случайными погрешностями l и k-аргументов; m — количество аргументов.

2.6.2. При линейных косвенных измерениях

$$S^2_{\tilde{A}} = \sum_{i=1}^{m} b_i^2 \cdot S_i^2 + 2\sum_{k\neq l}^{m} \tilde{\rho}_{kl} \cdot b_k \cdot b_l \cdot S_k \cdot S_l, \qquad (15)$$

где $$\tilde{\rho}_{kl} = \frac{\sum_{j=1}^{n} (x_{kj} - \tilde{A}_k)(x_{lj} - \tilde{A}_l)}{S_k \cdot S_l}. \qquad (16)$$

Корреляция между погрешностями измерений аргументов возникает тогда, когда измерения выполняются одновременно на однотипных средствах измерений и изменение величин оказывает воздействие на результаты наблюдений.

Если же аргументы измеряют в разное время и для их измерений применяют разные по устройству средства измерений, то нет оснований ожидать появление корреляции между погрешностями этих измерений, в этом случае формула (15) принимает вид

$$S^2(\tilde{A}) = \sum_{i=1}^{m} b_i^2 \; S_i^2 \; (\tilde{A}_i). \qquad (17)$$

2.6.3. В случае нелинейных косвенных измерений

$$S(\tilde{A}) = \sqrt{W_1^2 \; S_1^2 + \ldots + W_m^2 \; S_m^2}, \qquad (18)$$

где W_i — коэффициенты влияния

$$W_i = \frac{\partial f(A_1, \ldots, A_m)}{\partial A_i}. \qquad (19)$$

В случае, если $A = k \cdot A_1^{\alpha} \cdot A_2^{\beta} \ldots\ldots A_m^{\gamma}$, расчет $S(\tilde{A})$ необходимо производить в относительной форме

$$S_{\%}(\tilde{A}) = \sqrt{\alpha^2 S^2_{\%} \; (\tilde{A}_1) + \ldots\ldots + \gamma^2 S^2_{\%} \; (A_m)}. \qquad (20)$$

2.6.4. Доверительные границы случайной погрешности определения вычисляются, исходя из нормального закона распределения случайных погрешностей по формуле

$$\mathring{\Delta} = t_{\alpha} \cdot S(\tilde{A}), \qquad (21)$$

где t_{α} — квантиль нормального распределения.

3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ О ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

3.1. Оценка достоверности данных, полученных в процессе проведенного эксперимента, заключается в проведении сопоставительного анализа результатов измерения с данными, полученными принципиально различными путями в других экспериментах и лабораториях.

3.2. Важной задачей в процедуре оценки достоверности является комплектование наиболее представительного массива имеющихся экспериментальных данных измеренной величины или величин, связанных с ней функционально, и выбора из всего массива экспериментальных данных наилучших по точности определения и достоверности. Необходимо отличать ситуации, когда сличение результатов оправдано и когда оно недопустимо.

Например, лишено смысла сопоставление таких результатов измерений, при которых по существу измерялись разные по размерам величины или оценка точности определения сопоставляемых данных сомнительна и т. п.

3.3. Достоверность полученных в процессе эксперимента данных подтверждается (не подтверждается) при проведении анализа их согласованности между собой.

3.4. Математически задача сводится к проверке принадлежности массивов сопоставляемых данных одной и той же генеральной совокупности с одним центром и дисперсией рассеивания. Методы проверки однородности массива состоят в анализе значимых смещений относительно друг друга средних значений $\bar{A}_j$ и их дисперсий $D[A_j]$.

3.5. Для проведения сопоставительного анализа делается ряд допущений:

возможное множество результатов измерений и случайные погрешности ψ_j распределены по нормальному закону;

систематическая погрешность Θ_j конкретной реализации способа измерений принимается случайной, равномерно распределенной величиной;

весовые коэффициенты j массива данных определяются дисперсиями результатов измерений

$$D[A_j]=D[\Theta_j]+D[\psi_j]. \qquad (22)$$

3.5.1. Проверка однородности массива, образованного из полученных при эксперименте и сопоставимых данных, выполняется с использованием статистических методов Стьюдента, Фишера, Аббе, а также корреляционного и регрессионного анализа.

4. В случае невозможности применения методов статистического анализа для оценки сопоставимости научных результатов оценка достоверности проводится авторами в пределах их компетенции и с использованием методов квалиметрии (экспертных оценок).

Необходимость применения этих методов должна быть аргументирована и процедура их применения тщательно описана.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Оценка достоверности данных
о физико-механических свойствах металлов и сплавов

МИ 1453—86

Редактор *Н. А. Аргунова*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *М. М. Герасименко*

Сдано в наб. 11.12.86 Подп. в печ. 18.01.87 Т—01413 Формат 60×90 1/16 Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная Печать высокая 0,75 усл. п. л. 0,75 усл. кр.-отт. 0,48 уч.-изд. л. Тираж 2000 Зак. 5530 Изд. № 9379/4 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., д. 3.
Вильнюсская типография Издательства стандартов, ул. Миндауго, 12/14.

gost.e-ecolog.ru