



НАСТАНОВА

---

Метрологія

# **ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАДУЮВАЛЬНІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДУ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ**

**Методика виконання вимірювання  
з використанням стандартних зразків  
(РМГ 54–2002, IDT)**

**ДСТУ-Н РМГ 54:2014**

*Видання офіційне*



Київ  
ДП «УкрНДНЦ»  
2016

## ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Міністерства економічного розвитку України від 23 жовтня 2014 р. № 1257 з 2015-02-01

3 Настанова відповідає РМГ 54–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов (Державна система забезпечення єдності вимірювання. Характеристики градуювальні засобів вимірювання складу та властивостей речовин і матеріалів. Методика виконання вимірювання з використанням стандартних зразків)

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Цю настанову видано на підставі Угоди про проведення узгодженої політики в галузі стандартизації, метрології і сертифікації від 13.03.1992 р.

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

---

Право власності на цей національний стандарт належить державі.  
Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати  
задля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання  
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації  
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи

ДП «УкрНДНЦ», 2016

## НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Ця настанова ідентична РМГ 54–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов (Державна система забезпечення єдності вимірювання. Характеристики градуювальні засобів вимірювання складу та властивостей речовин і матеріалів. Методика виконання вимірювання з використанням стандартних зразків).

Технічний комітет, відповідальний за цю настанову в Україні, — ТК 63 «Загальні норми і правила державної системи забезпечення єдності вимірювань».

Настанова містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До настанови внесено такі редакційні зміни:

— на сторінці 11 вилучено інформацію стосовно коду УДК, МКС, групи згідно з КГС та додано інформацію щодо коду УКНД;

— долучено структурні елементи: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ» та «Бібліографічні дані», які оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України.

---

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(EASC)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(EASC)

---



РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ  
СТАНДАРТИЗАЦИИ

РМГ  
54-  
2002

---

Государственная система обеспечения единства измерений

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАДУИРОВОЧНЫЕ  
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СОСТАВА И  
СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

Методика выполнения измерений  
с использованием стандартных образцов

Издание официальное

## Предисловие

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС) представляет собой региональное объединение национальных органов по стандартизации государств, входящих в Содружество Независимых Государств.

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0-92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2-97 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Порядок разработки, принятия, обновления и отмены»

### Сведения о рекомендациях

1 РАЗРАБОТАНЫ Федеральным государственным унитарным предприятием «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (ФГУП УНИИМ) Госстандарта России  
ВНЕСЕНЫ Госстандартом России

2 ПРИНЯТЫ Евразийским советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 22 от 6 ноября 2002 г.)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004-97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Российская Федерация	RU	Госстандарт России
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Туркменистан	TM	Главгосслужба «Туркменстандартлары»
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Госпотребстандарт Украины

3 ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 52 с 1 июля 2004 г.

4 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

*Информация о введении в действие (прекращении действия) настоящих рекомендаций и изменений к ним на территории указанных выше государств публикуется в указателях национальных (государственных) стандартов, издаваемых в этих государствах.*

Настоящие рекомендации не могут быть полностью или частично воспроизведены, тиражированы и распространены в качестве официального издания на территории Республики Беларусь без разрешения Госстандарта Республики Беларусь

---

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАНДАРТИЗАЦИИ**

---

**Государственная система обеспечения единства измерений  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАДУИРОВОЧНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ СОСТАВА И  
СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ****Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов****State system for ensuring the uniformity of measurements  
CALIBRATION CHARACTERISTICS OF MEANS OF MEASUREMENT OF  
COMPOSITION AND PROPERTIES OF SUBSTANCES AND MATERIALS  
Measurement procedure with the use of reference materials**

---

Дата введения 2004-07-01

**1 Область применения**

Настоящие рекомендации содержат методику выполнения измерений (далее – МВИ) градуировочных характеристик (далее – ГХ) средств измерений состава и свойств веществ и материалов (далее – СИ).

ГХ СИ определяют по экспериментальным данным, полученным с использованием стандартных образцов (далее – СО).

МВИ, представленные в настоящих рекомендациях, применимы в случае, когда аттестованное значение СО и значение соответствующего сигнала СИ связаны линейной зависимостью либо когда зависимость между этими величинами может быть приведена к линейной.

Алгоритмы оценки ГХ СИ могут быть применимы при использовании для градуировки аттестованных смесей или градуировочных растворов.

**2 Нормативные ссылки**

В настоящих рекомендациях использована ссылка на следующий межгосударственный стандарт:

ГОСТ 8.315-97 Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов.

Примечание – При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочного стандарта на территории государства по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться измененным (замененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

**3 Общие положения**

**3.1** Градуировку СИ с помощью СО выполняют с целью установить зависимость между выходным сигналом СИ / и воспроизводимой СО аттестованной характеристикой А.

**3.2** Для градуировки СИ используют комплекты СО, допущенные к применению в порядке, установленном ГОСТ 8.315.

Предпочтительно для градуировки использовать комплекты СО, число СО в которых  $N$  не менее пяти.

**3.3** Аттестованные значения  $A_n$  экземпляров СО, входящих в комплект СО, должны быть распределены приблизительно равномерно в диапазоне измерения градуируемого СИ.

**3.4** Диапазон аттестованных значений СО в комплекте должен совпадать с диапазоном измерения градуируемого СИ.

**3.5** Состав и структура материала СО должны быть как можно более близкими к составу и структуре проб материала, контролируемого с использованием градуируемых СИ.

#### 4 Подготовка к измерениям, условия их проведения и процедура

**4.1** Подготовка проб СО и СИ к проведению измерений осуществляют в соответствии с описанием процедуры измерений с учетом требований инструкции по применению СО и эксплуатационных документов на градуируемое СИ.

**4.2** Условия проведения измерений должны соответствовать нормальным условиям применения, установленным в эксплуатационных документах на СИ.

**4.3** Стандартное отклонение значений выходного сигнала градуируемого СИ должно быть известно из эксплуатационных документов на СИ до проведения градуировки СИ, либо значение входного сигнала должно быть оценено в процессе градуировки СИ.

**4.4** Число единичных измерений (наблюдений) выходного сигнала  $I$  для каждого СО должно быть не менее пяти.

Если в процессе градуировки оценивают среднее стандартное отклонение значений выходного сигнала, то число измерений увеличивают до 10 – 15. Число измерений для всех экземпляров СО должно быть одинаково.

**4.5** По результатам измерения значений выходного сигнала  $I_{nj}$  для каждого  $n$ -го СО вычисляют среднеарифметическое значение выходного сигнала  $\bar{I}_n$

$$\bar{I}_n = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J I_{nj}, \quad (1)$$

где  $J$  – число измерений каждого  $n$ -го СО.

**4.6** Полученные среднеарифметические значения выходных сигналов  $I$  и аттестованные значения СО  $A$  наносят на график и по методике в соответствии с приложением А выбирают вид преобразования исходных данных  $y = f(I)$  и  $x = g(A)$  для получения линейной ГХ.

#### 5 Обработка результатов измерений

**5.1** После выбора вида преобразования в соответствии с 4.6 вычисляют значения новых переменных

$$x_n = g(A_n), \quad (2)$$

где  $g(A_n)$  – функция преобразования исходных данных аттестованного значения  $n$ -го СО.

$$y_{nj} = f(I_{nj}), \quad (3)$$

где  $f(I_{nj})$  – функция преобразования исходных данных выходного сигнала  $n$ -го СО.

**5.2** Вычисляют стандартные отклонения величин  $x_n$  по формуле

$$S_{x_n} = \frac{|g'(A)| \Delta A_n}{\sqrt{3}}, \quad (4)$$

где значения производной  $g'(A)$  берут при  $A = A_n$

$\Delta A_n$  – погрешность аттестованного значения  $n$ -го СО.

**5.3** Вычисляют среднеарифметические значения  $\bar{y}_n$  величин  $y_{nj}$  по формуле

$$\bar{y}_n = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J y_{nj}, \quad (5)$$

для  $n = 1, \dots, N$ .

5.4 Если стандартное отклонение выходного сигнала СИ  $S_{I_n}$  известно, то стандартное отклонение  $S_{y_n}$  величины  $y$  в  $n$ -й точке оценивают по формуле

$$S_{y_n} = |f'(I)| S_{I_n}, \quad (6)$$

где значение производной  $f'(I)$  берется при  $I = \bar{I}_n$ ;

$S_{I_n}$  – стандартное отклонение выходного сигнала в  $n$ -й точке.

В случае, когда неизвестно стандартное отклонение величины  $I$  в  $n$ -й точке,  $S_{y_n}$  оценивают по формуле

$$S_{y_n} = \sqrt{\frac{1}{J-1} \sum_{j=1}^J (y_{n_j} - \bar{y}_n)^2} \quad (7)$$

5.5 Записывают полученные результаты преобразования исходных данных и характеристики их погрешностей в таблицу по форме таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные для построения ГХ

$x_n$	$S_{x_n}$	$y_{n_j}$	$\bar{y}_n$	$S_{y_n}$	$\gamma_n$
$x_1$	$S_{x_1}$	$y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1J}$	$\bar{y}_1$	$S_{y_1}$	$\gamma_1$
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
$x_N$	$S_{x_N}$	$y_{N1}, y_{N2}, \dots, y_{NJ}$	$\bar{y}_N$	$S_{y_N}$	$\gamma_N$

5.6 Для сравнения погрешностей исходных данных вычисляют отношения относительных стандартных отклонений  $\gamma_n$  по формуле

$$\gamma_n = \frac{S_{x_n} |\bar{y}_n|}{S_{y_n} |x_n|} \quad (8)$$

Результаты вычислений записывают в последнюю колонку таблицы 1.

5.7 Вычисляют среднеарифметическое значение относительных стандартных отклонений  $\bar{\gamma}$  по формуле

$$\bar{\gamma} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \gamma_n \quad (9)$$

5.8 Выбирают в зависимости от соотношения погрешностей величин  $x_n$  и  $y_n$ , т. е. в зависимости от значения  $\bar{\gamma}$ , алгоритмы построения ГХ исходя из следующего:

- если  $\bar{\gamma} \leq 0,4$ , то ГХ определяют в соответствии с 6.2;
- в случае, когда имеются значимые погрешности измерения величиной  $x_n$  и  $y_n$ , т. е. если  $\bar{\gamma} > 0,4$ , то ГХ определяют в соответствии с 6.3.

## 6 Построение линейной ГХ

6.1 Построение линейной ГХ сводят к оценке коэффициентов  $a$  и  $b$  в уравнении вида

$$y = a + bx \quad (10)$$

Алгоритм оценки коэффициентов ГХ и вид ГХ выбирают в зависимости от соотношений погрешностей величин  $x_n$  и  $y_n$  по 5.8.



### 6.2 Построение ГХ методом наименьших квадратов

В случае, когда погрешности аттестованных значений СО (или переменной  $x$ ) незначимы по сравнению с погрешностями измерения выходных сигналов ( $\bar{\gamma} \leq 0,4$ ), ГХ строят в виде, задаваемом уравнением (10). Коэффициенты  $a$  и  $b$  и их погрешности вычисляют следующим образом.

По исходным данным из таблицы 1 вычисляют сумму  $S_w$  обратных величин дисперсии преобразованного выходного сигнала

$$S_w = \sum_{n=1}^N \frac{1}{S_{y_n}^2} \quad (11)$$

и для каждого результата среднеарифметического значения  $\bar{y}_n$  его вес  $w_n$

$$w_n = \frac{\left( \frac{1}{S_{y_n}^2} \right)}{S_w} \quad (12)$$

Вычисляют среднеарифметические значения  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  по формулам:

$$\bar{x} = \sum_{n=1}^N w_n x_n, \quad (13)$$

$$\bar{y} = \sum_{n=1}^N w_n y_n \quad (14)$$

ГХ определяют в виде уравнения (10).

Коэффициенты  $b$  и  $a$  вычисляют по формулам:

$$b = \frac{\sum_{n=1}^N w_n \bar{y}_n (x_n - \bar{x})}{\sum_{n=1}^N w_n (x_n - \bar{x})^2}, \quad (15)$$

$$a = \bar{y} - b \cdot \bar{x} \quad (16)$$

Стандартные отклонения  $S_b$  и  $S_a$  коэффициентов  $b$  и  $a$  вычисляют по формулам:

$$S_b = \frac{1}{\sqrt{S_w \sum_{n=1}^N w_n (x_n - \bar{x})^2}}, \quad (17)$$

$$S_a = \sqrt{\frac{1}{S_w} + S_b^2 \bar{x}^2} \quad (18)$$

### 6.3 Построение ГХ методом усреднения оценок

В случае, когда имеются значимые погрешности измерения величин  $x_n$  и  $y_n$  ( $\bar{\gamma} > 0,4$ ), коэффициенты  $a$  и  $b$  в уравнении (10) оценивают следующим образом.

Образуют из  $N$  точек таблицы 1  $(x_1, \bar{y}_1) \dots (x_N, \bar{y}_N)$  все возможные пары различных точек  $(x_i, \bar{y}_j)$ ,  $[x_j, \bar{y}_i]$  (для  $i, j = 1, \dots, N$  и  $i \neq j$ ). Число таких пар точек  $L = \frac{N(N-1)}{2}$ .

Проводят через каждую пару точек прямую линию

$$y = a_{ij} + b_{ij}x \quad (19)$$

Коэффициенты  $b_{ij}$  и  $a_{ij}$  определяют по формулам:

$$b_{ij} = \frac{y_i - y_j}{x_i - x_j}, \quad (20)$$

$$a_{ij} = y_i - b_{ij}x_i \quad (21)$$

Полученные по формулам (20) и (21) коэффициенты упорядочивают по возрастанию:

$$b_{(1)} \leq b_{(2)} \dots \leq b_{(L)}, \quad (22)$$

$$a_{(1)} \leq a_{(2)} \dots \leq a_{(L)} \quad (23)$$

В качестве оценки коэффициента  $b$  в уравнении (10) принимают медиану ряда (22), вычисленную по формуле

$$b = \begin{cases} b_{\left(\frac{L+1}{2}\right)} & \text{для нечетных } L \\ \frac{b_{\left(\frac{L}{2}\right)} + b_{\left(\frac{L}{2}+1\right)}}{2} & \text{для четных } L \end{cases} \quad (24)$$

Аналогично коэффициент  $a$  оценивают как медиану ряда (23)

$$a = \begin{cases} a_{\left(\frac{L+1}{2}\right)} & \text{для нечетных } L \\ \frac{a_{\left(\frac{L}{2}\right)} + a_{\left(\frac{L}{2}+1\right)}}{2} & \text{для четных } L \end{cases} \quad (25)$$

Погрешности  $\Delta_a$  и  $\Delta_b$  коэффициентов  $a$  и  $b$  вычисляют по формулам:

$$\Delta_b = \frac{b_{(S)} - b_{(R)}}{2}, \quad (26)$$

$$\Delta_a = \frac{a_{(S)} - a_{(R)}}{2}, \quad (27)$$

где порядковые номера  $R$  и  $S$  членов ряда (23) и (22) определяют по формулам:

$$R = \left[ \frac{L}{2} - \sqrt{L} - 0,5 \right] + 1, \quad (28)$$

$$S = L - R + 1 \quad (29)$$

## 7 Вычисление результатов измерений и оценка их погрешностей

**7.1** При использовании ГХ для получения значения входной величины  $A$  по значению выходного сигнала  $I$  поступают следующим образом. Вычисляют по измеренному значению выходного сигнала  $I$  значение величины

$$y = f(I) \quad (30)$$

и по ГХ вычисляют значение величины  $x$  по формуле

$$x = \frac{y - a}{b} \quad (31)$$

По значению величины  $x$  определяют значение величины  $A$ , используя обратное преобразование величины  $x$ .

$$A = g^{-1}(x), \quad (32)$$

где  $g^{-1}(x)$  функция, обратная функции  $x = g(A)$ , использованная при преобразовании величины  $A$  в соответствии с 4.6.

7.2 Оценивают стандартное отклонение  $S_x$  величины  $x$  по формуле

$$S_x = \frac{1}{|b|} \sqrt{S_y^2 + S_a^2 + S_b^2 x^2}, \quad (33)$$

где  $S_y$  – стандартное отклонение величины  $y$  оценивают в соответствии с 5.3.2, а значения стандартного отклонения величины  $a$  –  $S_a$  и стандартного отклонения величины  $b$  –  $S_b$  оценивают в зависимости от метода построения ГХ.

Если коэффициенты  $a$  и  $b$  были определены при построении ГХ методом наименьших квадратов в соответствии с 6.2, то  $S_a$  и  $S_b$  оценивают по формулам (17) и (18).

В случае, когда коэффициенты  $a$  и  $b$  были определены при построении ГХ методом усреднения оценок в соответствии с 6.3, то  $S_a$  и  $S_b$  оценивают по формулам:

$$S_a = \frac{\Delta_a}{\sqrt{3}}, \quad (34)$$

$$S_b = \frac{\Delta_b}{\sqrt{3}} \quad (35)$$

7.3 Стандартное отклонение  $S_A$  измеряемой в соответствии с 7.1 величины  $A$  оценивают по формуле

$$S_A = \frac{1S_x}{|g'(A)|}, \quad (36)$$

где значение производной  $g'$  взято при  $A$ , определенной по формуле (32), и значение  $S_x$  вычислено по формуле (33).

7.4 Погрешность  $\Delta_A$  измеряемой по ГХ величины  $A$  оценивают для заданной вероятности  $P$  по формуле

$$\Delta_A = z_P S_A, \quad (37)$$

где  $z_P$  – квантиль стандартного нормального распределения, соответствующий заданной вероятности  $P$ .

## 8 Проверка линейности ГХ

8.1 Линейность ГХ предварительно проверяют на основе анализа расположения экспериментальных точек плоскости  $(x, y)$  относительно построенной ГХ  $y = a + bx$ .

Если отклонения от ГХ экспериментальных точек носят случайный характер, то выбор линеаризующих преобразований проведен правильно и полученная линейная ГХ адекватно отражает зависимость между величинами  $x$  и  $y$ .

Проверку случайности отклонений экспериментальных точек от ГХ (проверку линейности) проводят в случае, когда ГХ оценивают методом наименьших квадратов (6.2), в соответствии с критерием 8.2.

В случае оценки ГХ методом усредненных оценок (6.3) линейность ГХ проверяют в соответствии с критерием 8.3.

8.2 Проверку линейности ГХ, построенной методом наименьших квадратов по формулам (15) и (16), проводят следующим образом:

Вычисляют взвешенную сумму  $Q_{y_1}$  квадратов отклонения расчетных значений  $\hat{y}_n$  вычисленных по формуле

$$\hat{y}_n = a + b_{x_n}, \quad (38)$$

от средних значений  $\bar{y}_n$ , вычисленных по формуле (5),

$$Q_{y_1} = I \sum_{n=1}^N w_n (y_n - \hat{y}_n)^2, \quad (39)$$

где коэффициенты  $w_n$  вычислены по формуле (12).

Вычисляют взвешенную сумму  $Q_{y_0}$  квадратов отклонений  $y_{n_j}$  от средних арифметических значений  $\bar{y}_n$ .

$$Q_{y_0} = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^l w_n (y_{n_j} - \bar{y}_n)^2 \quad (40)$$

Вычисляют отношение средних квадратов отклонений  $V_y$

$$V_y = \frac{N(l-1)Q_{y_1}}{(N-2)Q_{y_0}}, \quad (41)$$

где  $N$  – число точек при построении ГХ.

Сравнивают полученное значение  $V_y$  со значением квантиля  $F$  распределения из таблицы Б.1 приложения Б со степенями свободы  $V_1 = N - 2$  и  $V_2 = N(l - 1)$ .

Если  $V_y \leq F(V_1, V_2)$ , то принимают гипотезу о линейности ГХ. В противном случае следует найти другое линеаризующее преобразование переменных.

**8.3** Проверку линейности ГХ, построенной методом усреднения оценок по формулам (24) и (25), проводят следующим образом.

Если отклонения экспериментальных точек  $(x_n, \bar{y}_n)$  от ГХ изменяются закономерным образом, то это дает основание считать выбор вида линейного преобразования не совсем удачным. Вычисляют сумму  $Q_{x_1}$  квадратов относительных отклонений расчетных значений  $\hat{x}_n$ , определенных по формуле

$$\hat{x}_n = \frac{\bar{y}_n - a}{b}, \quad (42)$$

от значений  $x_n$

$$Q_{x_1} = \sum_{n=1}^N \frac{(x_n - \hat{x}_n)^2}{x_n^2}. \quad (43)$$

Вычисляют сумму относительных стандартных отклонений  $Q_{x_0}$

$$Q_{x_0} = \sum_{n=1}^N \frac{S_{x_n}^2}{x_n^2}, \quad (44)$$

где  $S_{x_n}$  определяют по формуле (4), а  $x_n$  – по формуле (2).

Вычисляют отношение  $V_x$  квадратов стандартных отклонений.

$$V_x = \frac{NQ_{x_1}}{(n-2)Q_{x_0}} \quad (45)$$

Сравнивают полученное значение  $V_x$  со значением квантиля  $F$  распределения из таблицы Б.1 приложения Б со степенями свободы  $V_1 = N - 2$  и  $V_2 = N$ .

Если  $V_x \leq F(V_1, V_2)$ , то принимают гипотезу о линейности ГХ.

В противном случае следует найти другое линеаризующее преобразование переменных.

## Приложение А (рекомендуемое)

### Виды преобразований для получения линейной зависимости

Из практики построения ГХ для СИ известны несколько наиболее распространенных преобразований переменных  $I$  и  $A$ , позволяющих сводить исходные монотонные нелинейные функции  $I = F(A)$  к нелинейной зависимости вида

$$y = a + bx, \quad (\text{A.1})$$

где

$$y = f(I), \quad (\text{A.2})$$

$$x = g(A) \quad (\text{A.3})$$

Функции  $f(I)$  и  $g(A)$  выбирают из некоторого множества монотонных зависимостей таким образом, чтобы получить линейную зависимость

$$f(I) = a + bg(A), \quad (\text{A.4})$$

хорошо согласующуюся с экспериментальными результатами.

Преобразования  $f(I)$  и  $g(A)$  называются линеаризирующими.

В таблице А.1 указаны некоторые рекомендуемые виды таких линеаризирующих преобразований.

Таблица А.1 – Виды исходных зависимостей  $I = F(A)$  и рекомендуемых линеаризирующих преобразований

Исходная зависимость	Линеаризирующее преобразование	
	$x = g(A)$	$y = f(I)$
1 Дробно-линейные $I = a + b/A$ $I = 1/(a + bA)$ $I = A/(a + bA)$	$x = 1/A$ $x = A$ $x = 1/A$	$y = I$ $y = 1/I$ $y = 1/I$
2 Показательные $I = ae^{bA}$ $I = ae^{b/A}$	$x = A$ $x = 1/A$	$y = \ln I$ $y = \ln I$
3 Степенная $I = aA^b, b > 1$	$x = \ln A$	$y = \ln I$
4 Логарифмическая $I = a + b \ln A$	$x = \ln A$	$y = I$

В некоторых случаях можно применить следующую процедуру выбора линеаризирующих преобразований. Откладывают в системе координат  $A$  и  $I$  точки с экспериментальными значениями  $\{A_n, I_n\}$  и через них приближенно проводят от руки или с помощью лекала гладкую кривую  $I = \hat{F}(A)$ . Выбирают две достаточно отдаленные опорные точки  $A'$  и  $A''$ . Это могут быть крайние значения  $A_n$  либо средние значения, либо медианы крайних точек. Находят по значениям  $A'$  и  $A''$  соответствующие значения  $I'$  и  $I''$ . Например, если опорные точки  $A'$  и  $A''$  выбирают как крайние (т. е.  $A'$  равно наименьшему, а  $A''$  наибольшему значениям величин  $\{A_n\}$ ), то  $I'$  и  $I''$  выбирают как соответствующие им крайние значения из величин  $\{I_n\}$ .

Вычисляют по опорным точкам три вида средних:

$$\begin{aligned} \text{– арифметическое} \quad A_a &= \frac{A' + A''}{2}, & I_a &= \frac{I' + I''}{2}, \\ \text{– геометрическое} \quad A_g &= \sqrt{A' \cdot A''}, & I_g &= \sqrt{I' \cdot I''}, \\ \text{– гармоническое} \quad A_h &= \frac{2 \cdot A' \cdot A''}{A' + A''}, & I_h &= \frac{2 \cdot I' \cdot I''}{I' + I''} \end{aligned}$$

Находят по построенной кривой  $I = \hat{F}(A)$  в точках  $A_a, A_g, A_h$  значения  $\hat{I}_a = \hat{F}(A_a)$ ,  $\hat{I}_g = \hat{F}(A_g)$ ,  $\hat{I}_h = \hat{F}(A_h)$ . Вычисляют по формулам первой колонки таблицы А.2 значения разностей  $\varepsilon_i$ , которые приводят во второй колонке.

Таблица А.2 – Выбор вида ГХ и преобразования исходных данных

Формула для вычисления $\varepsilon_i$	Значение $\varepsilon_i^*$	Вид ГХ	Преобразование исходных данных	
			$x = g(A)$	$y = f(I)$
$\hat{I}_a - I_a$	$\varepsilon_1$	$a + b \cdot x$	$x = A$	$y = I$
$\hat{I}_a - I_g$	$\varepsilon_2$	$I = ae^{bA}$	$x = A$	$y = \ln I$
$\hat{I}_a - I_h$	$\varepsilon_3$	$1/(a + bA)$	$x = A$	$y = 1/I$
$\hat{I}_g - I_a$	$\varepsilon_4$	$a + b \ln A$	$x = \ln A$	$y = I$
$\hat{I}_g - I_g$	$\varepsilon_5$	$aA^b$	$x = \ln A$	$y = \ln I$
$\hat{I}_h - I_a$	$\varepsilon_6$	$a + b/A$	$x = 1/A$	$y = I$
$\hat{I}_h - I_h$	$\varepsilon_7$	$A/(a + bA)$	$x = 1/A$	$y = 1/I$

\* Индекс  $i$  означает номер преобразования исходных данных.

Из таблицы А.2 выбирают вид ГХ и преобразование исходных данных по номеру преобразования исходных данных  $i$ , для которого значение  $\varepsilon_i$  оказалось наименьшим. Например, если наименьшим оказалось значение  $\varepsilon_5$ , то выбирают вид ГХ  $aA^b$  и преобразование переменных  $x = \ln A$  и  $y = \ln I$ .

Если имеется несколько значений  $\varepsilon_i$  близких минимальному, то испытывают несколько типов ГХ, соответствующих этим значениям  $\varepsilon_i$ .

Приложение Б  
(рекомендуемое)

Таблица Б.1 – Верхние доверительные границы  $F$  – распределения для  $P = 0,95$  ( $V_2$  – число степеней свободы числителя;  $V_1$  – число степеней свободы знаменателя)

$V_2$	$V_1$									
	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
5	5,51	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,62	4,56
6	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	3,94	3,87
7	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,51	3,44
8	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,22	3,15
9	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,01	2,94
10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,85	2,77
11	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,72	2,65
12	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,62	2,54
13	3,41	3,18	3,08	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,53	2,46
14	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,46	2,39
15	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,40	2,33
16	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,35	2,28
17	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,31	2,23
18	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,27	2,19
19	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,23	2,16
20	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,20	2,12
21	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,18	2,10
22	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,15	2,07
23	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,13	2,05
24	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,35	2,30	2,25	2,11	2,03
27	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,06	1,97
30	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,01	1,93
40	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	1,92	1,84
60	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,84	1,75
120	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96	1,91	1,75	1,66
$\infty$	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88	1,83	1,67	1,57

Код УКНД 17.020

**Ключові слова:** стандартные образцы, аттестованное значение СО, комплекты СО, градуировочная характеристика, линейная градуировочная характеристика, метод наименьших квадратов.

---

---

Підписано до друку 22.04.2016. Формат 60 × 84 1/8.  
Ум. друк. арк. 1,86. Зам. *640* Ціна договірна.

---

Виконавець  
Державне підприємство «Український науково-дослідний  
і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)  
вул. Святошинська, 2, м. Київ, 03115

Свідоцтво про внесення видавця видавничої продукції до Державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції від 14.01.2006 серія ДК № 1647