

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ МАТЕРИАЛОВ,
ИЗДЕЛИЙ, ВЕЩЕСТВ И ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ
METHODS AND DEVICES FOR MONITORING AND DIAGNOSTICS OF
MATERIALS, PRODUCTS, SUBSTANCES AND THE NATURAL ENVIRONMENT**

Научная статья

УДК 006.9

DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-29-36

**ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО ИСПЫТАНИЮ ПРОДУКЦИИ**

**Николаева Евгения Александровна¹,
Николаев Алексей Владимирович²**

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева

² ФБУ «Кузбасский ЦСМ»

* для корреспонденции: nikolaeva@yandex.ru

Аннотация.

Оценка неопределенности измерений является важной и актуальной темой на протяжении последнего времени и активно обсуждается в различных областях измерений и испытаний в настоящее время. Знание неопределенности измерения результатов испытаний важно для лаборатории, их заказчиков и всех сторон, использующих и интерпретирующих этих результаты в своей работе или для защиты своих интересов в судах различных инстанций.

При проведении измерений важно учитывать неопределенность измерений. Это особенно важно, когда результаты сообщаются в соответствии с установленными пределами. При проведении межлабораторных сравнительных испытаний в соответствии с требованиями критерии аккредитации сопоставимость результатов обычно может быть определена при учете неопределенности измерений. В частности, рассчитываются следующие характеристики: стандартные неопределенности типа А и типа В, а также суммарная и расширенная неопределенности с учетом их весовых вкладов.

В данной работе рассматривается применение ареометрического метода по определению крепости водки в соответствии с требованиями ГОСТ 32035-2013 и проведен расчет метрологических характеристик измерений, характеризующий точность проведенных измерений. Ареометрический метод – это способ определения крепости водки, основанный на измерении объемной доли этилового спирта в водно-спиртовых растворах с помощью ареометра для спирта.

По результатам проведенных в данной работе исследований и выполненных расчетов проводится оценка соответствия продукции (в нашем случае алкогольная продукция) с использованием количественного показателя, отражающего диапазон возможных значений, которые с определенной вероятностью можно приписать измеряемой величине и тем самым определить, соответствует продукция установленным требованиям ГОСТ 32035-2013 или нет.



Информация о статье

Поступила:
29 сентября 2025 г.

Одобрена после
рецензирования:
15 ноября 2025 г.

Принята к публикации:
02 декабря 2025 г.

Опубликована:
22 декабря 2025 г.

Ключевые слова:
Метрологические
характеристики, измерение,
контроль, ареометрический
метод, неопределенность,
погрешность, методика

Для цитирования: Николаева Е.А., Николаев А.В. Оценивание неопределенности результатов измерений при проведении работ по испытанию продукции // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2025. № 6 (172). С. 29-36. DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-29-36, EDN: CNYTCL

Введение (Introduction). Оценивание неопределенности результатов, как и погрешности измерений, при проведении работ по испытаниям различной продукции важно для подтверждения достоверности проведенных испытаний. Оценивание качества продукции, как форма подтверждения соответствия, невозможно без проведения испытаний (измерений), и в том числе оценивания неопределенности самих результатов испытаний при проведении работ.

В данной работе рассматривается методика, описывающая алгоритм оценивания неопределенности испытаний (измерений) различной продукции, на примере проведения работ по определению крепости водки в соответствии с требованиями ГОСТ 32035-2013, проводимыми ареометрическим методом. Ареометрический метод обладает рядом достоинств: высокая точность; возможность измерения температуры и плотности жидкых продуктов, веществ и материалов. [1].

Методы (Methods). Изложенная методика измерений определяет основные требования к средствам измерений [2, 3], условиям выполнения измерений и оценке неопределенности измерений, разработана в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009, ГОСТ 2939-63, ГОСТ 15528-86, ГОСТ 8.417-2002, ГОСТ Р 8.563-2009, РМГ 29-2013.

Процедура оценки неопределенности результатов измерений применяется с целью определения точности измерений при проведении измерительных испытаний в испытательных лабораториях. Нередко по просьбе заказчиков специалисты испытательной лаборатории осуществляют процедуру оценивания неопределенности измерений [4, 5].

Процедура оценивания неопределенности результатов испытаний (измерений) требует от оператора знания природы испытаний измерений, а это включает в себя анализ входных данных, их оценку и расчет необходимых характеристик.

В качестве исходных данных могут быть различные метрологические характеристики, методы измерений, а также влияющие на них факторы.

Основными источниками неопределенности измерений являются:

- случайные погрешности средств измерений, в том числе государственных стандартных образцов;
- неопределенности характеристики средств измерений;

- нестабильность характеристики государственных стандартных образцов;
- нелинейность характеристики государственных стандартных образцов и средств измерений;
- округление результата измерений;
- интерполирование табличных данных;
- неточное знание о влиянии условий окружающей среды на результат измерений;
- погрешность метода измерений;
- погрешность определения поправок;
- субъективная систематическая погрешность [6, 7].

Неопределенность по типу А – рассчитывают путем статистического анализа результатов многократных измерений исходя из предположения о нормальном законе распределения случайных величин. Перед началом статистического анализа из результатов измерений исключают «грубые погрешности» с помощью правила трех сигм или критерия Граббса.

Рассчитывают следующие статистические характеристики: $M(x)$ – выборочное математическое ожидание, $D(x)$ – выборочная дисперсия, S – выборочное стандартное отклонение.

$$M(x) = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}},$$

где n – число измерений, x_i – результат измерений.

Среднее квадратическое отклонение среднего оценки измеряемой величины вычисляется по формуле:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

Стандартная неопределенность по типу А равна:

$$U_A = S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

Объединенная оценка дисперсии S_p^2 рассчитывается для измерений, проводимых в хорошо известных условиях:

$$S_p^2 = \frac{\sum_{i=1}^N v_i \cdot S_i^2}{\sum_{i=1}^N v_i},$$

где N – серия наблюдений, v – число степеней свободы $v = n - 1$, тогда

$$U = \frac{S_p}{\sqrt{n}}, \quad U_0 = \frac{S_p}{\sqrt{m}},$$

где n – количество точек, m – количество повторных наблюдений в каждой точке.

Неопределенность по типу В получают в результате обобщения и анализа всей доступной информации о возможной вариативности результатов измерения, например, такой как:

- ранее проводимые измерения;
- свойства исследуемых материалов;
- характеристики используемых приборов;
- данные о калибровке или иные документы;
- данные из справочников [8].

Неопределенность по типу В – это границы отклонения значения величины от ее оценки. Если не представляется возможным определить вид распределения случайной величины, его считают равномерным распределением. [9]

Расчет характеристик $M(x)$ – математическое ожидание, U_B^2 – дисперсия, U_B – среднеквадратическое отклонение выполняют с помощью формул:

$$M(x) = \int_a^b \frac{x}{b-a} dx = \frac{a+b}{2} U_B^2 = S^2 = \frac{(b-a)^2}{12}$$

$$U_B = S = \frac{b-a}{2\sqrt{3}} U_B = S = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

• Оценка стандартной неопределенности по типу В не менее надежна, чем оценка стандартной неопределенности по типу А, в случае небольшого числа независимых наблюдений.

Бюджет неопределенности позволяет представить источники неопределенности в виде таблицы, согласно которой легко проверить процедуру вычисления неопределенности и сравнить ее с аналогичными вычислениями в другой лаборатории.

Для определения суммарной стандартной неопределенности результата измерений используют бюджет неопределенности.

Для расчета суммарной стандартной неопределенности $u_c(y)$ используют следующие формулы:

- в случае некоррелированных оценок x_1, \dots, x_m

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 \cdot u^2(x_i)}$$

- при прямых измерениях

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u^2(x_i)}$$

- в случае коррелированных оценок x_1, \dots, x_m

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m c \cdot u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_i \cdot c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j)}$$

где c – коэффициенты чувствительности

$$c = \frac{\partial f}{\partial x},$$

$r(x, y)$ – коэффициент корреляции

$$r(x, y) = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} cov(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

Так как входные величины рассчитывают с помощью одних и тех же измерительных приборов, эталонов, методик измерений и справочной информации, то результаты измерений часто получаются коррелируемыми между собой. А это может повлечь за собой существенную неопределенность [10, 11].

Расширенная неопределенность (U) – это величина, определяющая интервал, внутри которого с заданной вероятностью находятся рассматриваемые величины. Определяется по формуле:

$$U = k \cdot u_c,$$

где U – расширенная неопределенность, u_c – суммарная стандартная неопределенность, k – коэффициент охвата.

Для определения неопределенности требуется информация о том, как были получены результаты измерений. Чем больше было приведено испытаний (измерений), тем сложнее расчеты неопределенности. Для получения точных результатов обычно используют правило: «лучше больше, чем меньше». Также необходимо подробно описать методику и методы, используемые при измерениях и расчетах, описать и провести оценку неопределенности, указать необходимые поправки и константы.

Оценим неопределенность при проведении работ по определению крепости водки в соответствии с требованиями ГОСТ 32035-2013

Таблица 1. Результаты параллельных измерений

Table 1. Results of parallel measurements

№	Результат измерений		
	АСП-1, объемная доля, %	ЛТ- 300, °C	Содержание спирта при 20 °C, % (по объему)
1	41,0	22,79	39,88
2	41,0	22,80	39,88

[12, 13, 14].

Для определения крепости водки используем ареометрический метод.

Средства измерений: ареометр АСП-1 и Термометр лабораторный электронный ЛТ-300.

В процессе выполнения измерений температура в помещении изменялась от 22,7°C до 23,9°C, средняя температура в помещении – 22,9°C, нестабильность температуры ± 0,2°C, погрешность измерения температуры ± 0,05°C, температура пробы измерялась непрерывно.

В соответствии с таблицами проведем перерасчет на содержание спирта при 20°C, % (по объему):

Для температуры 22,79°C:

$$\frac{40,2 - X}{40,2 - 39,8} = \frac{22,0 - 22,79}{22,0 - 23,0}$$

$$X = 39,884\%$$

Для температуры 22,80°C:

$$\frac{40,2 - X}{40,2 - 39,8} = \frac{22,0 - 22,80}{22,0 - 23,0}$$

$$X = 39,88\%$$

Из расчетов видно, что промежуточные значения получаются способом линейной интерполяции. Следовательно, табличная функция может быть аппроксимирована линейной функцией следующего вида:

$$y = f(x) = -0,3986x + 48,967.$$

Проведем проверку и сравним результаты:

$$y = f(x) = -0,3986 \cdot 22,80 + 48,967 = 39,88$$

Если результаты полученной функции полностью описывают табличные и найденные промежуточные значения, то данная функция может считаться интерполирующей и неопределенность, вносимая ею, может не учитываться.

Рассчитаем коэффициент чувствительности для функции $y = f(x)$ относительно характеристики x (по температуре):

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} = -0,3986$$

Для температуры 22,80°C при показаниях спиртометра от 39,5 до 42,5 % аппроксимирующая функция примет вид:

$$y = f(x) = 1,0021 \cdot x + 1,2064 \%$$

по об. при 20°C,

Следовательно, коэффициент чувствительности данной функции относительно $-x$ (по показанию спиртометра):

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 1,0021$$

Таблица 2. Суммарная стандартная неопределенность
Table 2. Total standard uncertainty

Источник неопределенности						
Вклад в суммарную стандартную неопределенность	Случайные измерения температуры, °C	Ограничение разрешающей способности ЛТ-300, °C	Погрешность ЛТ-300, °C	Ограничение разрешающей способности АСП-1, %	Погрешность АСП-1, %	Нелинейность табличных данных, %
	±0,00199	±0,00115	±0,01151	±0,02893	±0,04574	±0,00667

Для расчета суммарной стандартной неопределенности сформируем бюджет неопределенности. Вклады в неопределенность должны включать соответствующие кратковременные вклады, возникающие в процессе калибровки, и вклады, которые могут быть с достаточным основанием приписаны средству измерений заказчика в процессе его эксплуатации. [15]

Рассмотрим шесть источников неопределенности, рассчитаем для них оценку

стандартной неопределенности (u) и коэффициент чувствительности ($c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$).

Источники неопределенности:

- Случайные измерения температуры (в °C): $u_A(t) = \pm 0,005$, $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = -0,3986$

- Ограничение разрешающей способности ЛТ-300 (в °C): $u_B(pt) = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = \pm 0,00289$, $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = -0,3986$

- Погрешность ЛТ-300 (в °C): $u_B(\Delta t) = \frac{0,05}{\sqrt{3}} = \pm 0,02887$ $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = -0,3986$

- Ограничение разрешающей способности АСП-1 (в %): $u_B(pa) = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = \pm 0,02887$ $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = 1,0021$

- Погрешность АСП-1 (в %): $u_B(\Delta a) = \sqrt{\frac{0,1^2 \cdot 1,25}{6}} = \pm 0,04564$ $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = 1,0021$

- Нелинейность табличных данных, (в %): $u_B(\Delta H) = \frac{0,02}{3} = \pm 0,00667$, $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} = 1$

Вклад в суммарную стандартную неопределенность, по объему при 20°C, % рассчитаем по формуле:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$$

Для расчета стандартной неопределенности по типу А провели два измерения температуры образца. Получили 22,79°C и 22,80°C . Рассчитаем стандартную неопределенность по типу А ($u_A(V)$ в °C):

$$u_A(V) = \frac{s}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = \pm 0,005^\circ C$$

здесь n – число результатов измерений.

Неопределенность результата измерений,

связанная с разрешающей способностью термометра, определяется стандартной неопределенностью по типу В ($u_B(pt)$ в °C):

$$u_B(pt) = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 0,00289^\circ C$$

Неопределенность результата измерений, обусловленная погрешностью измерения температуры ($\Delta_t = \pm 0,05^\circ C$):

$$u_B(\Delta t) = \frac{0,05}{\sqrt{3}} = 0,002887^\circ C,$$

где $u_B(\Delta t)$ – стандартная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью измерения температуры, °C.

Неопределенность результата измерений, обусловленная разрешающей способностью ареометра (цена деления 0,1%):

$$u_B(pa) = \frac{0,1}{2\sqrt{3}} = 0,02887\%$$

где $u_B(pa)$ – стандартная неопределенность по типу В, обусловленная разрешающей способностью ареометра, %.

Неопределенность результата измерений, обусловленная погрешностью измерения объемной доли вещества ($\Delta_a = \pm 0,1\%$)

$$u_B(\Delta a) = \sqrt{\frac{a^2(1 + \beta^2)}{6}} = \sqrt{\frac{0,1^2 \cdot 1,25}{6}} = 0,04564\%$$

где β – коэффициент сжатия верхнего основания для трапецидального распределения, равен 0,5;

$u_B(\Delta a)$ – стандартная неопределенность по типу В, обусловленная погрешностью измерения объемной доли вещества, %.

Неопределенность результата измерений, обусловленная нелинейностью табличных данных (Таблицы для определения содержания этилового спирта в водно-спиртовых растворах), проявляется в процессе определения промежуточных значений способом интерполяции. Данный источник неопределенности был выявлен в процессе их аппроксимации. Данные в таблицах изменяются не линейно «ступеньками» (источниками нелинейности могут быть округления, использование разных функций, поправок и т. д.) в зависимости от диапазона измерения. Экспериментально было установлено, что наибольшее смещение не превышает $\delta = \pm 0,05\%$ вблизи установленных значений (для точки 39,88 %, $\Delta_H = \pm 0,02\%$).

$$u_B(\Delta_H) = \frac{0,02}{3} = 0,00667\%$$

где $u_B(\Delta_H)$ – стандартная неопределенность по типу В, обусловленная нелинейностью табличных данных, %.

Суммарная стандартная неопределенность результата (при 20 °C):

$$u_c = \sqrt{u_A^2(t) + u_B^2(pt) + u_B^2(\Delta t) + u_B^2(pa) + u_B^2(\Delta a) + u_B^2(\Delta_H)} = 0,0558\%$$

Расширенная неопределенность результата измерений в точке 39,88 % (при 20 °C), для $k = 2$, соответствующего уровню доверия 95 %, равна:

$$U = k \cdot u_c = 2 \cdot 0,06 = \pm 0,12\%$$

Результаты исследования (Results). По результатам расчетов расширенная неопределенность результатов измерений в точке 39,88% равна ($39,88 \pm 0,12\%$). Таким образом, описанная процедура оценивания

неопределенности позволяет производить оценку соответствия продукции с расширенной неопределенностью ($\pm 0,12\%$), что соответствует существующим требованиям РФ к продукции.

Обсуждение (Discussion). Неопределенность – это количественный показатель, отражающий диапазон возможных значений, которые с определенной вероятностью можно приписать измеряемой величине. Основная задача – не избавиться от неопределенности (что невозможно), а корректно оценить ее величину. Анализ источников неопределенности позволяет выявить наиболее значимые факторы, влияющие на результат измерения, и принять меры для их уменьшения. Например, можно улучшить калибровку прибора, использовать более точные методы приготовления стандартных растворов.

Выходы (Conclusion). В работе был использован ареометрический метод для определения крепости водки в соответствии с требованиями ГОСТ 32035-2013. Также были рассчитаны метрологические характеристики, такие как стандартные неопределенности типа А и типа В, суммарная и расширенная неопределенности с учетом их весовых вкладов. С помощью рассчитанных нами характеристик был сделан вывод о точности проведенных измерений. По результатам расчетов проверяемая продукция оказалась соответствующей требованиям ГОСТ 32035-2013.

Данная процедура оценивания неопределенности может быть использована по всем точкам измеряемого диапазона не только алкогольной продукции, но и других видов продукции, на пример, продукции нефтегазовых предприятий и угольной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Пашкевич Л. А., Батурина Н. А. Современные аспекты идентификации и оценки качества водки // В сборнике: Научный форум: тенденции развития науки и общества. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Кемерово : Общество с ограниченной ответственностью «Западно-Сибирский научный центр», 2019. С. 157-160.
- Голубев С. С. Стратегия обеспечения единства измерений в российской федерации до 2025 года ведет российскую метрологию по инновационному пути // Законодательная и прикладная метрология. 2017. № 4. С. 5-8.
- Крюков О. В. Особенности поверки средств измерений расхода природного газа в рабочих условиях в уральском метрологическом центре // Химическая техника. 2018. № 2. С. 29-33.
- Николаева Е. А., Николаев А. В. Алгоритм расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 5 (123). С. 162-167. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-162-167.

5. Николаева Е. А., Николаев А. В. Способы расчета неопределенности при проведении калибровки средств измерений различными методами // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. №2 (126). С. 113-119. DOI: 10.26730/1999-4125-2018-2-113-119.
6. Радкевич Я. М., Схиртладзе А. Г. Метрология: учебник для вузов. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 211 с. URL: <https://urait.ru/bcode/533824> (дата обращения: 03.10.2025).
7. Филиола Р. С., Бизли Д. Э. Теория и планирование механических измерений. Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2016. 744 с.
8. Шарифуллин В. Н. Математический метод уточнения результатов прямых и косвенных измерений расходов газов и жидкостей в технологических системах // Промышленная энергетика. 2019. № 2. С. 36-40.
9. Гашенко Ю. В., Астапов В. Н. Аналитический обзор и исследование устройств и методов измерения плотности жидкости // Научное обозрение. Технические науки. 2019. № 6. С. 21-27.
10. Владимира Т. М. Оценка неопределенности в измерении расхода природного газа / В сборнике: Методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации. Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В. М. Шляндина. 2018. С. 197-200
11. Гурнак Е. Е., Маркин Л. С., Наливайко М. Н. Физико-химические методы исследований. Ростов-на-Дону : РГЭУ (РИНХ), 2024. 160с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=718652> (дата обращения: 03.10.2025).
12. Мякиньков А. Г. Развитие ареометрического метода определения содержания спирта в алкогольной продукции // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2003. № 1. С. 47.
13. Горяева Л. И., Фаткулина Э. К., Щукина Е. П. Межлабораторные сличительные испытания по определению крепости водки // Эталоны. Стандартные образцы. 2020. Т. 16. № 1. С. 57-66. DOI: 10.20915/2687-0886-2020-16-1-57-66.
14. Kolobova A. V. Ensuring metrological traceability of reference gas mixture composition materials. In: «Measurement techniques». Springer New York Consultants Bureau. 2022. Pp. 536-542. (In Eng.) DOI: 10.1007/s11018-024-02322-0.
15. Chunovkina A. G., Tumilovich A. A., Stepanov A. V., Vonsky M. S., Kovayazina N. A., Alkhutova N. A., Emanuel V. L. Estimation of measurement uncertainties in laboratory medicine. In: «Measurement techniques». Springer New York Consultants Bureau. 2022. Pp. 69-74. (In Eng.) DOI: 10.1007/s11018-023-02117-9.

© 2025 Авторы. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Николаева Евгения Александровна, кандидат физико-математических наук, заведующая кафедрой математики, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, 3146-4220, e-mail: nikolaeva@yandex.ru
Николаев Алексей Владимирович, главный инженер, ФБУ «Кузбасский ЦСМ» 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Дворцовая, 2, 4860-9618, e-mail: nikolaevav@kuzcsm.ru

Заявленный вклад авторов:

Николаева Евгения Александровна – постановка задачи, выводы, написание текста.
 Николаев Алексей Владимирович – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

ASSESSMENT OF UNCERTAINTY OF MEASUREMENT RESULTS DURING PRODUCT TESTING

Evgenia A. Nikolaeva¹,
 Aleksey V. Nikolaev²

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

² FBU "Kuzbass CSM"

* for correspondence: nikolaeva@yandex.ru

Abstract.

Measurement uncertainty assessment has been an important and relevant topic in recent times. Measurement uncertainty assessment is currently being actively discussed in various fields of measurement and testing. Understanding the uncertainty of test results is essential for laboratories, their customers, and all parties who use and interpret these results in their work or to protect their interests in various courts.

**Article info**

Received:
29 September 2025

Accepted for publication:
15 November 2025

Accepted:
02 December 2025

Published:
22 December 2025

Keywords: Metrological characteristics, measurement, control, hydrometric method, uncertainty, error, methodology.

When conducting measurements, it is important to consider the uncertainty of the measurements. This is especially important when the results are reported within specified limits. When conducting interlaboratory comparative tests, the comparability of the results can usually be determined by considering the uncertainty of the measurements, in accordance with the requirements of the accreditation criteria. In particular, the following characteristics are calculated: the standard uncertainties of type A and type B, as well as the total and expanded uncertainties, taking into account their weight contributions.

This paper discusses the application of the hydrometer method for determining the strength of vodka in accordance with the requirements of GOST 32035-2013, and calculates the metrological characteristics of the measurements, which characterize the accuracy of the measurements. The hydrometer method is a method for determining the strength of vodka based on the measurement of the volume fraction of ethyl alcohol in aqueous-alcohol solutions using an alcohol hydrometer.

Based on the results of the studies and calculations conducted in this work, the compliance of the product (in our case, alcoholic products) is assessed using a quantitative indicator that reflects the range of possible values that can be assigned to the measured quantity with a certain probability, thereby determining whether the product meets the established requirements of GOST 32035-2013 or not.

For citation: Nikolaeva E.A., Nikolaev A.V. Assessment of uncertainty of measurement results during product testing. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2025; 6(172):29-36. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2025-6-29-36, EDN: CNYTCL

REFERENCES

1. Pashkevich L.A., Baturina N.A. Sovremennie aspekti identifikatsii i otsenki kachestva vodka. V sbornike: Nauchniy forum: tendentsii razvitiya nauki i obshchestva. Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Kemerovo: Obshchestvo s ogranicennoi otvetstvennostyu "Zapadno-Sibirskii nauchnyi tsentr"; 2019. S. 157-160.
2. Golubev, S.S. Strategiya obespecheniya yedinstva izmereniy v rossiyskoy fe-deratsii do 2025 goda vedet rossiyskuyu metrologiyu po innovatsionnomu puti. *Zakonodatel'naya i prikladnaya metrologiya*. 2017; 4:5-8.
3. Kryukov O.V. Osobennosti poverki sredstv izmereniy raskhoda prirodnogo gaza v rabochikh usloviyakh v ural'skom metrologicheskem tsentre. *Khimicheskaya tekhnika*. 2018; 2:29-33.
4. Nikolaeva E.A., Nikolaev A.V. Algorithm of calculation of uncertainty when conducting calibration of measuring instruments. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2017; 5(123):162-167. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-162-167.
5. Nikolaeva E.A., Nikolaev A.V. Methods of calculating incompliance in conducting calibration of means of measurements by various methods. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2018; 6(172):113-119. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2018-6-113-119.
6. Radkevich Ya.M., Skhirtladze A.G. Metrologiya: uchebnik dlya vuzov. Moskva : Izdatelstvo Yurait; 2025. 211 s. URL: <https://urait.ru/bcode/533824> (data obrashcheniya: 03.10.2025)
7. Filiola R.S., Bizli D.E. Teoriya i planirovaniye mekhanicheskikh izmereniy. Izhevsk: Regulyarnaya i khaoticheskaya dinamika; 2016. 744 p.
8. Sharifullin V.N. Matematicheskiy metod utochneniya rezul'tatov pryamykh i kosvennykh izmereniy raskhodov gazov i zhidkostey v tekhnologicheskikh sistemakh. *Promyshlennaya energetika*. 2019; 2:36-40.
9. Gashenko Yu.V., Astapov V.N. Analiticheskii obzor i issledovanie ustroistv i metodov izmereniya plotnosti zhidkosti. *Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki*. 2019; 6:21-27.
10. Vladimirova T.M. Otsenka neopredelennosti v izmerenii raskhoda prirodnogo gaza. V sbornike: Metody, sredstva i tekhnologii polucheniya i obrabotki izmeritel'noy informatsii. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya V.M. Shlyandina. 2018. Pp. 197-200.

11. Likhacheva D.A., Khudoroshkova Yu.P., Krutyayev P.S. Teoreticheskoye sravneniye i prakticheskiye preimushchestva pri pryamom i kosvennom izmerenii massy razlichnymi metodami izmereniya (vikhrevoy, koriolosovyy, termoanemometricheskiy). *V sbornike: Dostizheniya, problemy i perspektivy razvitiya neftegazovoy otrassli. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* Al'met'yevskiy gosudarstvennyy neftyanoy institut. 2018. P. 152-156.
12. Myakinkov A.G. Razvitiye areometricheskogo metoda opredeleniya soderzhaniya spira v alkogolnoi produktii. *Pishchevaya i pererabativayushchaya promishlennost. Referativniy zhurnal.* 2003; 1:47.
13. Goryaeva L.I., Fatkulina E.K., Shchukina Ye.P. Mezhlaboratornie slichitelnie ispitaniya po opredeleniyu kreposti vodka. *Etaloni. Standartnie obraztsi.* 2020; 16(1):57-66. DOI: 10.20915/2687-0886-2020-16-1-57-66.
14. Kolobova A.V. Ensuring metrological traceability of reference gas mixture composition materials. In: «Measurement techniques». Springer New York Consultants Bureau. 2022. Pp. 536-542. (In Eng.) DOI: 10.1007/s11018-024-02322-0.
15. Chunovkina A.G., Tumilovich A.A., Stepanov A.V., Vonsky M.S., Kovayazina N.A., Alkhutova N.A., Emanuel V.L. Estimation of measurement uncertainties in laboratory medicine. In: «Measurement techniques». Springer New York Consultants Bureau. 2022. Pp. 69-74. (In Eng.) DOI: 10.1007/s11018-023-02117-9.

© 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Evgenia A. Nikolaeva, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation, 3146-4220, e-mail: nikolaeva@yandex.ru
Aleksey V. Nikolaev, Chief Engineer " FBU "Kuzbass CSM" Dvortsovaya St., 2, Kemerovo, 650000, Russian Federation, 4860-9618, e-mail: nikolaevav@kuzcsm.ru

Contribution of the authors:

Evgenia A. Nikolaeva – problem statement, conclusions, writing the text.
Aleksey V. Nikolaev – review of relevant literature, data collection and analysis.

All authors have read and approved the final manuscript.

