

Торайғыров университетінің  
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
Торайғыров университета

---

# ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Физика, математика және компьютерлік  
ғылымдар сериясы  
1997 жылдан бастап шығады



## ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Физика, математика  
и компьютерные науки  
Издается с 1997 года

---

ISSN 2959-068X

№ 1 (2025)  
Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**Серия: Физика, математика и компьютерные науки**  
выходит 4 раза в год

---

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о постановке на переучет периодического печатного издания,  
информационного агентства и сетевого издания  
№ KZ91VPY00046988

выдано

Министерством информации и общественного развития  
Республики Казахстан

**Тематическая направленность**

публикация материалов в области физики, математики,  
механики и информатики

**Подписной индекс – 76208**

<https://doi.org/10.48081/YZUA5920>

---

**Бас редакторы – главный редактор**

Тлеукенов С. К., *д.ф.-м.н., профессор*

Заместитель главного редактора      Испулов Н. А., *к.ф.-м.н., профессор*

Ответственный секретарь      Жумабеков А. Ж., *PhD доктор*

**Редакция алкасы – Редакционная коллегия**

|                              |                                                     |
|------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <i>Esref Adali,</i>          | <i>доктор PhD, профессор (Турция);</i>              |
| <i>Qadir Abdul Rahimoon,</i> | <i>доктор PhD, профессор (Пакистан);</i>            |
| <i>Акылбеков Э. Т.,</i>      | <i>д.ф.-м.н., профессор;</i>                        |
| <i>Демкин В. П.,</i>         | <i>д.ф.-м.н., профессор (Российская Федерация);</i> |
| <i>Дүйшеналиев Т. Б.,</i>    | <i>д.ф.-м.н., профессор (Российская Федерация);</i> |
| <i>Жумадилаева А. К.,</i>    | <i>к.т.н., ассоц. профессор;</i>                    |
| <i>Ибраев Н. Х.</i>          | <i>д.ф.-м.н., профессор;</i>                        |
| <i>Кеңесбеков А. Б.,</i>     | <i>доктор PhD;</i>                                  |
| <i>Косов В. Н.</i>           | <i>д.ф.-м.н., профессор;</i>                        |
| <i>Сеитова С. М.</i>         | <i>д.пед.н., профессор;</i>                         |
| <i>Сулובהва Л. Г.,</i>       | <i>доктор PhD;</i>                                  |
| <i>Омарова А. Р.</i>         | <i>(технический редактор).»</i>                     |

---

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на

«Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

**\*Б. Қ. Ермек<sup>1</sup>, Ж. Н. Абілқайыр<sup>2</sup>,  
Г. А. Баймаханов<sup>3</sup>, Ж. Б. Омарова<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К. И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6312-8935>

<sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7568-1061>

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1488-3049>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1101-7735>

\*e-mail: [ermekbakbergen1@bk.ru](mailto:ermekbakbergen1@bk.ru)

## **ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ПО МЕТОДУ GUM С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВОГО БАРОМЕТРА MSB181**

*В современной метрологии, где достоверность результатов измерений на международном уровне играют важную роль, оценка неопределенности является важным фактором для обеспечения точности и надежности измерений. Статья детально освещает процесс оценки неопределенности, начиная с определения источников неопределенности, расчета стандартной и расширенной неопределенности, и заканчивая анализом внешних условий и их влиянием на измерения.*

*Цифровой барометр MSB181, выбранный для исследования, благодаря своему широкому диапазону измерений и высокой точности, подчеркивает надежность метода GUM как инструмента для оценки неопределенности в метрологии. Авторы работы сосредоточились на математическом моделировании показаний барометра, выявлении ключевых источников неопределенности и оценке их влияния на результаты измерений. Особое внимание уделено анализу серий измерений для оценки случайных и систематических источников неопределенности, что позволило сформировать всестороннее понимание процесса оценки неопределенности и внести вклад в методологию выполнения точных измерений.*

*Исследование выявило, что применение метода GUM, совместно с использованием цифрового барометра MSB181, способствует*

повышению точности измерений. Результаты подтвердили минимальное влияние внешних условий на точность измерений, что демонстрирует эффективность барометра MSB181 в различных условиях, а также значимость комплексного подхода к оценке неопределенности для улучшения качества научных и технических исследований.

В заключение, статья подчеркивает важность метода GUM как инструмента для оценки неопределенности измерений, способствующего достижению высокой степени доверия к результатам, что является важным для научных исследований, промышленности, медицины и экологии на глобальном уровне.

**Ключевые слова:** неопределенность измерений, метод GUM, оценка неопределенности, метрология, цифровой барометр, расширенная неопределенность.

Оценка неопределенности измерений является основополагающим фактором для достижения высокой точности и достоверности в метрологии. Понимание и правильное применение метода GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) является ключевым для унификации процедур и улучшения качества результатов измерений на международном уровне. Несмотря на общепринятое использование метода GUM в метрологическом сообществе, особое внимание требуется при работе с высокоточным оборудованием, например, с цифровым барометром MSB181, который используется для измерения атмосферного давления с высокой степенью точности.

В данной статье рассматривается комплексный подход к оценке неопределенности измерений, используя метод GUM в сочетании с применением цифрового барометра MSB181. Особое внимание уделяется анализу источников неопределенности и оптимизации процесса измерений для улучшения качества и надежности получаемых данных.

Основная цель данного исследования заключается в углубленном изучении и применении метода, рекомендованного в руководстве по выражению неопределенности измерений (GUM). Исследование направлено на демонстрацию эффективности метода в различных условиях измерений.

Задачи исследования заключается в анализе результатов оценки неопределенности, выявить основные факторы, влияющие на величину неопределенности, и оценить эффективность применения метода.

### **Материалы и методы**

Многие считают, что термин «неопределенность» полностью заменил термин «погрешность», но это не так. Термин «погрешность» по-прежнему

широко используется и включен в международный метрологический словарь VIM [1].

В 1993 году был опубликован документ ISO/IEC «Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)», который ввел концепцию «неопределенности измерений» [2; 4].

В ходе исследования в лаборатории был применен метод GUM для анализа и оценки неопределенности измерений, что предусматривает детальный подход к анализу результатов, полученных с использованием цифрового барометра MSB181 [5]. Этот прибор был выбран ввиду его широкого диапазона измерений и высокой точности, что делает его незаменимым инструментом для разнообразных метеорологических задач и исследований.

Этап 1. Определение математической модели прибора

Математическая модель для расчета показаний цифрового барометра MSB181 выражается уравнением:

$$P_n = P_{\text{э}} + \delta_{\text{э}} + \delta x_{\text{рс}} + \delta \text{повт}, \quad (1)$$

где  $P_n$  – показания прибора, гПа;  $P_{\text{э}}$  – эталонное расчетное давление, гПа.

Этап 2. Выявления источников неопределенности

Для цифрового барометра MSB181 источники неопределенности могут включать, но не ограничиваются следующими факторами:

$\delta_{\text{э}}$  – неопределенности эталонного значения расчетного давления, гПа;

$\delta x_{\text{рс}}$  – шаг дискретизации единицы младшего разряда дисплея, гПа;

$\delta \text{повт}$  – оценка неопределенности в условиях повторяемости, гПа.

Этап 3. Оценивание входных величин и их неопределенности

Проведение пяти серий измерений в разных условиях (прямом и обратном ходе) позволяет оценить влияние случайных факторов на результаты измерений. Стандартная неопределенность вычисляется как среднеквадратическое отклонение от серии измерений, что дает оценку степени разброса результатов измерений относительно среднего значения. По типу А вычисляем стандартную неопределенность, обусловленную источниками неопределенности, имеющими случайный характер.

При первой серии измерений были получены следующие данные: при прямом ходе зафиксировано значение давления 599,87 гПа, а при обратном ходе – 599,86 гПа, тогда среднее значение для этих двух показаний рассчитывается как арифметическое среднее полученных значений:

$$x_1 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=2} x_k = \frac{599,87 + 599,86}{2} = 599,865 \text{ гПа}. \quad (2)$$

В ходе второй серии измерений при прямом ходе было получено значение давления 599,88 гПа, а при обратном ходе – 599,86 гПа. Вычисление среднего из этих значений позволяет установить, насколько стабильны показания барометра при идентичных условиях. Это среднее значение вносит вклад в оценку неопределенности измерений и помогает уточнить, как изменение условий влияет на повторяемость результатов.

$$x_2 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=2} x_k = \frac{599,88+599,86}{2} = 599,870 \text{ гПа.} \quad (3)$$

Третья серия показывает такие же значения при прямом ходе, как и вторая – 599,88 гПа, и неизменное значение при обратном ходе – 599,86 гПа. Эти последовательные измерения важны для подтверждения устойчивости измерительной системы и для уточнения вклада случайных факторов в общую неопределенность.

$$x_3 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=2} x_k = \frac{599,88+599,86}{2} = 599,870 \text{ гПа.} \quad (4)$$

Четвертая серия имеет схожесть с первой серии с показанием 599,87 гПа при прямом ходе, а при обратном ходе – 599,86 гПа, Постоянство значения при обратном ходе продолжает поддерживать предыдущие выводы. Последовательность данных через серии подчеркивает важность анализа повторяемости как средства для оценки случайных и систематических отклонений в показаниях прибора.

$$\bar{x}_4 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=2} x_k = \frac{599,87+599,86}{2} = 599,865 \text{ гПа.} \quad (5)$$

Пятая серия подтверждает данные четвертой серии с показанием 599,87 гПа при прямом ходе и 599,86 гПа при обратном ходе. Согласованность результатов имеет значение для окончательной оценки неопределенности и для обеспечения достоверности измерительного процесса в целом.

$$x_5 = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=2} x_k = \frac{599,87+599,86}{2} = 599,865 \text{ гПа.} \quad (6)$$

После проведения 5 серий измерений давления с использованием цифрового барометра MSB181, следующим этапом является расчет среднего значения полученных данных.

Для расчета среднего значения использовались данные из всех пяти серий измерений, как представлено в Таблице 1. Среднее значение рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}
 x_{\text{ср}} &= \\
 &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n=5} x_k = \\
 &= \frac{599,865 + 599,870 + 599,870 + 599,865 + 599,865}{5} = 599,867 \text{ гПа.}
 \end{aligned} \tag{7}$$

Таблица 1 – Результаты серий измерений давления цифровым барометром MSB181

| Номинальное значение давления, кПа         |         |              | Точка<br>2 | $\bar{x}_l = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$ |
|--------------------------------------------|---------|--------------|------------|--------------------------------------------|
| Измеренное значение калибруемого манометра | 1 серия | Прямой ход   | 599,87     | 599,865                                    |
|                                            |         | Обратный ход | 599,86     |                                            |
|                                            | 2 серия | Прямой ход   | 599,88     | 599,870                                    |
|                                            |         | Обратный ход | 599,86     |                                            |
|                                            | 3 серия | Прямой ход   | 599,88     | 599,870                                    |
|                                            |         | Обратный ход | 599,86     |                                            |
|                                            | 4 серия | Прямой ход   | 599,87     | 599,865                                    |
|                                            |         | Обратный ход | 599,86     |                                            |
|                                            | 5 серия | Прямой ход   | 599,87     | 599,865                                    |
|                                            |         | Обратный ход | 599,86     |                                            |
| Среднее значение, гПа                      |         |              |            | 599,867                                    |

Стандартную неопределенность по типу А высчитывается по формуле:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{\text{ср}})^2}, \tag{8}$$

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{(599,87-599,867)^2 + (599,86-599,867)^2 + \dots + (599,86-599,867)^2}{20 \cdot (20-1)}} = 0,0026 \text{ гПа.}$$

По типу В вычисляем стандартные неопределенности, обусловленные источниками неопределенности, имеющими систематический характер. Закон распределения величин внутри границ считаем нормальным для эталона и равномерным для калибруемого прибора.

Таблица 2 – Источники неопределенности

| Источники неопределенности имеющие систематический характер:                 | Входная величина, а | Неопр. по типу В, гПа |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Стандартная неопределенность от $\delta a$ , гПа, $U_b = a/(\sqrt{3})$       | 0,005               | 0,0029                |
| Стандартная неопределенность от $\delta x_{рс}$ , гПа, $U_b = a/(2\sqrt{3})$ | 0,010               | 0,0029                |

#### Этап 4. Некоррелированные выходные величины

На этом этапе предполагается, что все входные величины не коррелируют друг с другом. Данное предположение упрощает процесс расчета суммарной неопределенности, так как в таком случае суммарная неопределенность будет равна корню из суммы квадратов отдельных неопределенностей.

#### Этап 5. Составление бюджета неопределенности

Составление «бюджета неопределенности» представляет собой процесс учета всех составляющих неопределенности и их вклада в общую неопределенность измерения. Каждая величина оценивается на предмет ее вклада в общую неопределенность, учитывая тип распределения (нормальное или равномерное) и коэффициент чувствительности. В результате получается общий «бюджет», который отражает влияние каждой составляющей на конечную неопределенность.

В таблице ниже представлены основные компоненты бюджета неопределенности, рассчитанные для цифрового барометра MSB181. Эта таблица демонстрирует не только величину каждой неопределенности, но и их взаимное влияние.

Таблица 3 – Бюджет неопределенности

| Входная величина     | Значение входной величины | Отклонение оценок | Тип неопределенности | Вид расширения | Стандартная неопределенность | Коэффициент чувствительности | Вклад в неопределенность |
|----------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| $X_i$                | $x_i$                     | $\pm$             |                      |                | $U_{ci}$                     | $C_i$                        | $U_{ci} \cdot C_i$       |
| Ускок                | 599,867                   | -                 | A                    | нормальное     | 0,0026                       | 1                            | 0,0026                   |
| $\delta x_{рс}$      | 0,01                      |                   | B                    | равномерное    | 0,0029                       | 1                            | 0,0029                   |
| $\delta \varepsilon$ | 0,005                     |                   | B                    | нормальное     | 0,0029                       | 1                            | 0,0029                   |

#### Этап 6. Расчет суммарной неопределенности

Для расчета суммарной стандартной неопределенности применяется принцип суперпозиции отдельных неопределенностей. В этом случае, суммарная стандартная неопределенность определяется как корень квадратный из суммы квадратов стандартных неопределенностей каждой составляющей, включенной в бюджет. С учетом того, что величины некоррелированы, то используем формулу:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_i^2(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^m c_i^2 u^2(x_i)}, \quad (9)$$

$$u_c(y) = \sqrt{0,0026^2 + 0,0029^2 + 0,0029^2} = 0,004856 \text{ гПа}. \quad (10)$$

#### Этап 7. Расширенная неопределенность

Расширенная неопределенность представляет собой неопределенность с учетом заданного уровня доверия, который обычно составляет 95 %. Она вычисляется путем умножения суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата  $k$  который зависит от выбранного уровня доверия. В данном случае, коэффициент охвата равен 2, что соответствует примерно 95 % уровню доверия для нормального распределения. Расширенная неопределенность дает представление о том, в каких пределах может находиться истинное значение измеряемой величины с заданной вероятностью. Данная неопределенность рассчитывается по формуле [6]:

$$U(y) = k \cdot u_c(y) \quad (11)$$

$$U(y) = 2 \cdot 0,004856 = 0,009712 \approx 0,01 \text{ гПа}.$$

### **Результаты и обсуждение**

В ходе исследования были проведены серии измерений давления с использованием цифрового барометра MSB181, целью которых было оценить неопределенность измерений и выявить основные её источники. Результаты подверглись тщательному анализу с применением метода GUM для расчета стандартной и расширенной неопределенности [7].

Анализ результатов измерений

Серии измерений дали следующие средние значения давления:

Первая серия: 599,865 гПа;

Вторая серия: 599,870 гПа;

Третья серия: 599,870 гПа;

Четвертая серия: 599,865 гПа;

Пятая серия: 599,865 гПа.

Общее среднее значение составило 599,867 гПа.

Оценка неопределенности

Стандартная неопределенность по типу А, вычисленная на основе проведенных серий измерений, составила 0,0026 гПа. Дополнительный анализ позволил идентифицировать источники систематической неопределенности (тип В), включая неопределенность эталонного значения давления, шаг дискретизации и повторяемость измерений [8]. Комплексный анализ этих факторов способствовал формированию всестороннего понимания неопределенности измерений.

Влияние внешних условий

В ходе исследования также было рассмотрено потенциальное влияние различных внешних условий на измерения, включая колебания температуры и влажности. Несмотря на обнаружение определенного влияния этих факторов на результаты измерений, компенсационные возможности барометра MSB181 позволили минимизировать их вклад в общую неопределенность.

Заключительные замечания

Наше исследование подтверждает, что цифровой барометр MSB181 является надежным инструментом для измерения атмосферного давления. Метод GUM оказался эффективным для оценки неопределенности, что важно для получения точных и достоверных результатов [9]. Это исследование вносит вклад в понимание того, как лучше всего проводить измерения и оценку неопределенности, что может быть полезно для улучшения методик в будущем.

### **Выводы**

Исследование, основанное на применении метода GUM для оценки неопределенности измерений с использованием цифрового барометра MSB181, подтвердило значимость этого подхода в обеспечении высокой

точности. В процессе исследования была показана эффективность использования современных измерительных инструментов в сочетании с методологическими принципами GUM, что привело к повышению качества измерений и уверенности в их результатах. Проведя комплексный анализ и определив источники неопределенности, а также выполнив детальный расчет стандартной и расширенной неопределенности, было установлено, что цифровой барометр MSB181 демонстрирует высокую точность в измерении атмосферного давления. Эти результаты подчеркивают важность правильного выбора измерительного оборудования и методов оценки неопределенности.

На основе проведенного исследования в лаборатории можно заключить, что комплексное применение метода GUM в сочетании с использованием высокоточного цифрового барометра MSB181 открывает новые возможности для метрологии, способствуя дальнейшему развитию точных и надежных методик оценки неопределенности [10]. Полученные результаты могут стать основой для совершенствования существующих метрологических стандартов и практик.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Менделеев, Д. И.** Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины: перевод с англ. и фр. [Текст]. – Санкт-Петербург : НПО «Профессионал», 2010. – 82 с.

2 Measurement uncertainty estimations : GUM method. [Электронный ресурс]. – <https://www.wasyresearch.com/measurement-uncertainty-estimations-gum-method/>

3 РМГ 29 – 2013. Метрология. Основные термины и определения [Текст]. – Введ. 2015-01-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 83 с.

4 JCGM 200: 2012 – «International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)» – 3rd ed. – Joint Committee for Guides in Metrology, 2012. – 91 p.

5 ISO/IEC 17025-2019 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories». – International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission, 2017. – 30 p.

6 **Заяц, Н. И., Стасевич, О. В.** Оценка неопределенности измерений: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-54 01 03 «Физикохимические методы и приборы контроля качества продукции» [Текст]. – Минск : БГТУ, 2015. – 170 с.

7 ISO/TS 21749:2005 — «Measurement uncertainty for metrological applications — Repeated measurements and nested experiments». — International Organization for Standardization, 2005. — 38 p.

8 **Слаев, В. А., Чуновкина, А. Г.** Введение к «Руководству по выражению неопределенности измерения» и сопутствующим документам. Оценивание данных измерений [Текст]. Санкт-Петербург: «Профессионал», 2011. — 58 с.

9 JCGM 104:2009. Evaluation of measurement data — An introduction to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» and related documents. — Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2009. — 20 p.

10 JCGM 200:2008. International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms, 3rd Edition. — Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008. — 90 p.

## REFERENCES

1 **Mendelev, D. I.** Mezhdunarodnyj slovar' po metrologii. Osnovnye i obshhie ponjatija i sootvetstvujushhie terminy: perevod s angl. i fr. [International Dictionary of Metrology. Basic and General Concepts and Corresponding Terms: translated from English and French] [Text] – Sankt-Peterburg: NPO «Professional», 2010. – 82 p.

2 Measurement uncertainty estimations : GUM method. [Electronic resource]. – <https://www.wasyresearch.com/measurement-uncertainty-estimations-gum-method/>

3 RMG 29-2013. Metrologija. Osnovnye terminy i opredelenija. [Metrology. Basic Terms and Definitions] [Text]. – Vved. 2015-01-01. – М. : Standartinform, 2013. – 83 p.

4 JCGM 200: 2012 – «International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)» – 3rd ed. – Joint Committee for Guides in Metrology, 2012. – 91 p.

5 ISO/IEC 17025-2019 «General requirements for the competence of testing and calibration laboratories». – International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, 2017. – 30 p.

6 **Zayats, N. I., Stasevich, O. V.** Ocenka neopredelennosti izmerenij: uchebno-metodicheskoe posobie dlja studentov special'nosti 1-54 01 03 «Fizikohimicheskie metody i pribory kontrolja kachestva produkcii» [Measurement Uncertainty Evaluation: a textbook for students of the specialty 1-54 01 03 «Physicochemical Methods and Instruments for Quality Control»] [Text]. – Minsk: BSTU, 2015. – 170 p.

7 ISO/TS 21749:2005 – «Measurement uncertainty for metrological applications – Repeated measurements and nested experiments». – International Organization for Standardization, 2005. – 38 p.

8 **Slaev, V. A., Chunovkina, A. G.** Vvedenie k «Rukovodstvu po vyrazheniju neopredelennosti izmerenija» i soputstvujushhim dokumentam. Ocenivanie dannyh izmerenij [Introduction to the «Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement» and Related Documents. Measurement Data Evaluation] [Text]. St. Petersburg: «Professional», 2011. – 58 p.

9 JCGM 104:2009. Evaluation of measurement data – An introduction to the «Guide to the expression of uncertainty in measurement» and related documents. – Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2009. – 20 p.

10 JCGM 200:2008. International Vocabulary of Metrology – Basic and general concepts and associated terms, 3rd Edition. – Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008. – 90 p.

Поступило в редакцию 19.11.24.

Поступило с исправлениями 26.11.24.

Принято в печать 27.01.2025.

**\*Б. Қ. Ермек<sup>1</sup>, Ж. Н. Абілқайыр<sup>2</sup>, Г. А. Баймаханов<sup>3</sup>, Ж. Б. Омарова<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

19.11.24 ж. баспаға түсті.

26.11.24 ж. түзетулерімен түсті.

27.01.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

## **MSB181 ЦИФРЛІК БАРОМЕТРІ КОЛДАНЫЛУЫМЕН GUM ӘДІСІ БОЙЫНША ӨЛШЕМДЕРДІҢ БЕЛГІСІЗДІГІН БАҒАЛАУ**

Қазіргі заманғы метрологияда, өлшеу нәтижелерінің халықаралық деңгейде сенімділігі маңызды рөл атқаратын кезде, белгісіздікті бағалау өлшеулердің дәлдігі мен сенімділігін қамтамасыз етудің маңызды факторы болып табылады. Мақала белгісіздікті бағалау процесін егжей-тегжейлі қарастырады, белгісіздік көздерін анықтаудан бастап, стандартты және кеңейтілген белгісіздікті есептеуге дейін, сонымен қатар сыртқы жағдайларды және олардың өлшеу нәтижелеріне әсерін талдаумен аяқталады.

Зерттеу үшін таңдалған MSB181 цифрлық барометрі өзінің кең өлшеу диапазоны мен жоғары дәлдігімен GUM әдісінің

метрологиядағы белгісіздікті бағалауға арналған сенімді құрал ретіндегі тиімділігін көрсетеді. Зерттеу авторлары барометр көрсеткіштерін математикалық модельдеуге, негізгі білгісіздік көздерін анықтауға және олардың өлшеу нәтижелеріне әсерін бағалауға назар аударды. Белгісіздіктің кездейсоқ және жүйелік көздерін бағалау үшін өлшеу серияларын талдауға ерекше назар аударылып, бұл белгісіздікті бағалау процесінің жан-жақты түсінігін қалыптастыруға және дәл өлшеулер әдістемесіне үлес қосуға мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында GUM әдісін қолдану, MSB181 цифрлық барометрін пайдалану арқылы өлшеу дәлдігінің артқаны анықталды. Нәтижелер өлшеу дәлдігіне сыртқы жағдайлардың ең аз әсерін растады, бұл MSB181 барометрінің әртүрлі жағдайларда тиімділігін және белгісіздікті бағалаудың кешенді тәсілінің ғылыми және техникалық зерттеулер сапасын жақсартудағы маңыздылығын көрсетеді.

Қорытындылай келе, мақала GUM әдісінің өлшеу белгісіздігін бағалауға арналған маңызды құрал екенін, нәтижелердің жоғары сенімділік дәрежесіне қол жеткізуге ықпал ететінін атап өтеді, бұл ғылыми зерттеулер, өнеркәсіп, медицина және экология үшін ғаламдық деңгейде маңызды.

Кілтті сөздер: өлшеу белгісіздігі, GUM әдісі, анықсты бағалау, метрология, цифрлық барометр, кеңейтілген анықсыздық.

**\*B. K. Ermek<sup>1</sup>, Zh. N. Abilkaiyr<sup>2</sup>, G. A. Baimakhanov<sup>3</sup>, Zh. B. Omarova<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 19.11.24.

Received in revised form 26.11.24.

Accepted for publication 27.01.25.

## **MEASUREMENT UNCERTAINTY EVALUATION USING THE GUM METHOD WITH THE MSB181 DIGITAL BAROMETER**

*In modern metrology, where the reliability of measurement results at the international level plays a crucial role, the evaluation of uncertainty is an important factor in ensuring the accuracy and reliability of measurements. This article provides a detailed overview of the process of uncertainty evaluation, starting with the identification of uncertainty sources, calculation of standard and expanded uncertainties, and*

*concluding with an analysis of external conditions and their impact on measurements.*

*The MSB181 digital barometer, selected for this study due to its wide measurement range and high accuracy, highlights the reliability of the GUM method as a tool for uncertainty evaluation in metrology. The authors focused on mathematical modeling of the barometer readings, identifying key sources of uncertainty, and assessing their impact on the measurement results. Special attention was given to the analysis of measurement series to evaluate both random and systematic sources of uncertainty, which allowed for a comprehensive understanding of the uncertainty evaluation process and contributed to the methodology of precise measurements.*

*The study revealed that applying the GUM method in combination with the use of the MSB181 digital barometer improves the accuracy of measurements. The results confirmed the minimal influence of external conditions on measurement accuracy, demonstrating the effectiveness of the MSB181 barometer in various conditions, as well as the significance of a comprehensive approach to uncertainty evaluation in enhancing the quality of scientific and technical research.*

*In conclusion, the article emphasizes the importance of the GUM method as a tool for evaluating measurement uncertainty, contributing to a high level of confidence in the results, which is crucial for scientific research, industry, medicine, and environmental studies on a global scale.*

*Keywords: measurement uncertainty, GUM method, uncertainty evaluation, metrology, digital barometer, expanded uncertainty.*

Теруге 05.03.2025 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2025 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

7,50 Mb RAM

Шартты баспа табағы 10,01. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4343

Сдано в набор 05.03.2025 г. Подписано в печать 31.03.2025 г.

Электронное издание

7,50 Mb RAM

Усл.печ.л. 10,01. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4343

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университеті» КЕ АҚ

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университеті» КЕ АҚ

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

+7(718)267-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz

<https://vestnik-pm.tou.edu.kz/>