

ВВЕДЕНИЕ В ОЦЕНКУ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Лектор: Байжума Жандос Ескендірұлы

Тел.: +7 707 556 60 08

Email: zhandos.baizhuma@kaznu.edu.kz

Лекция 5. Определение суммарной стандартной неопределенности.

**Определение
расширенной неопределенности. Выбор коэффициента
охвата. Представление результатов оценивания неопределенности.**

Цель: Научить определять суммарную (объединённую) стандартную и расширенную неопределенности измерений, правильно выбирать коэффициент охвата и корректно представлять результаты измерений с учётом неопределенности.

Основные вопросы:

1. Понятие суммарной (объединённой) стандартной неопределенности.
2. Методы расчёта объединённой неопределенности.
3. Определение расширенной неопределенности.
4. Выбор коэффициента охвата и его значения.
5. Правила представления результатов измерений с указанием неопределенности.

Краткие тезисы:

- **Суммарная (объединённая) стандартная неопределенность (u_c или u_c):**
 - Объединяет все составляющие неопределенности типов A и B.

Коэффициент охвата (k):

- Зависит от требуемой вероятности охвата.
- При нормальном распределении:
 - $k=2$ $\rightarrow$ вероятность $\approx 95\%$
 - $k=3$ $\rightarrow$ вероятность $\approx 99,7\%$
- Значение k выбирается исходя из стандартов, требований или условий измерений.

$u^2(y) = u^2(\hat{\theta}) + s_R^2 + \sum c_i^2 u^2(x_i)$, при необходимости использовать скорректированную оценку $\hat{s}_R^2$ вместо s_R^2 , для учета факторов, рассматриваемых в [разделе 8](#), приводит к общему выражению (12) для оценки суммарной стандартной неопределенности $u(y)$ соответствующему результату y .

$$u^2(y) = \hat{s}_R^2 + u^2(\hat{\theta}) + \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) \quad (12)$$

Значение $u(\bar{y})$ подсчитывают в соответствии с уравнением (13), см. также уравнение (A.8).

$$u(\bar{y}) = s_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{s_R^2 - (1 - 1/n)s_y^2}{p}}, \quad (13)$$

где p - количество лабораторий;

n - количество повторений в каждой лаборатории.

Переменная $u(B)$ не использована в уравнении (12), потому что неопределенность s_L , соответствующая B , уже включена в s_R^2 . Индекс i охватывает воздействия, идентифицированные в разделах 8 и 9 (индексы изменяются от 1 до n). Очевидно, что если воздействия и их неопределенности малы по сравнению с s_R , то ими можно пренебречь для большинства практических целей. Например, неопределенность менее $0,2 s_R$ ведет к изменению менее чем на $0,02 s_R$ оценки полной неопределенности.

При оценке суммарной расширенной неопределенности применяют следующие исследования для выбора коэффициента охвата k .

Для практических целей должно быть указано значение суммарной расширенной неопределенности, соответствующее уровню доверия 95 %. Однако выбор уровня доверия зависит от диапазона факторов, таких как критичность и последствия применения неправильных результатов. Эти факторы вместе с любыми рекомендациями или юридическими требованиями, касающимися применения, должны быть рассмотрены при выборе k .

Для большинства практических целей, когда требуется 95 %-ный уровень доверия и число степеней свободы в доминирующих составляющих неопределенности превышает 10 (>10), выбор $k = 2$ обеспечивает достаточно надежный охват вероятного диапазона значений. Однако есть обстоятельства, в которых это приводит к существенной недооценке, особенно когда один или более значимых членов уравнения (12) имеют число степеней свободы менее 7.

13.2.3.2 Если один такой член $u_i(y)$ с ν_i -степенями свободы доминирует [признаком является выполнение неравенства $u_i(y) > 0,7 u(y)$], обычно достаточно взять в качестве ν_i эффективные степени свободы ν_{eff} , соответствующие $u(y)$.

13.2.3.3 Если несколько существенных членов имеют приблизительно равную величину и степени свободы, удовлетворяющие условию $\nu_i \ll 10$, для получения эффективных значений числа степеней свободы ν_{eff} следует применять уравнение Велча-Саттервейта (уравнение (15))

$$\frac{u^4(y)}{\nu_{eff}} = \sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{\nu_i}. \quad (15)$$

Значение k тогда выбирают из ν_{eff} , используя значение квантиля двустороннего распределения Стьюдента для требуемого уровня доверия

и ν_{eff} степеней свободы. Это наиболее безопасно при округлении нецелых чисел ν_{eff} до ближайшего меньшего целого числа.

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Что такое суммарная (объединённая) стандартная неопределенность?
2. Как производится расчёт объединённой неопределенности при независимых величинах?
3. Как определяется расширенная неопределенность?
4. Что такое коэффициент охвата и как выбирается его значение?
5. Как правильно оформить результат измерения с неопределенностью?
6. Почему важно указывать вероятность охвата при представлении результатов?

Рекомендуемый список литературных источников:

1. ISO/IEC Guide 98-3:2008 (GUM). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*.
2. JCGM 100:2008. *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*.
3. ISO 14253-1:2017. *Geometrical product specifications — Decision rules for proving conformity or nonconformity*.
4. Алексеев С. В. *Основы метрологии и измерений*. – СПб.: Питер, 2021.
5. Левин В. И. *Неопределенность измерений и методы её оценки*. – М.: Логос, 2019.
6. Кузнецов Б. А. *Математическая обработка результатов измерений*. – М.: Академия, 2020.