

ВВЕДЕНИЕ В ОЦЕНКУ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Лектор: Байжума Жандос Ескендірұлы

Тел.: +7 707 556 60 08

Email: zhandos.baizhuma@kaznu.edu.kz

Лекция 4. Оценивание стандартной неопределенности. Оценивание стандартной неопределенности по типу А. Оценивание стандартной неопределенности по типу В. Графическая иллюстрация оценивания стандартной неопределенности.

Цель Изучить методы оценки стандартной неопределенности измерений по типам А и В, научиться выбирать подходящие способы оценки и представлять результаты в графической форме.

Основные вопросы:

1. Понятие стандартной неопределенности.
2. Методы оценивания неопределенности типа А.
3. Методы оценивания неопределенности типа В.
4. Особенности представления неопределенности на графиках.
5. Примеры и сравнение подходов типов А и В.

Краткие тезисы:

- **Стандартная неопределенность (u)** — стандартное отклонение, характеризующее разброс результата измерений.

Тип А — статистический метод оценки:

- На основе серии наблюдений (n измерений).

Тип В — оценка по априорной информации:

- Используются паспортные данные приборов, спецификации, предыдущие измерения, экспертные оценки.
- Неопределенность зависит от предполагаемого распределения (равномерное, нормальное, треугольное и т.д.).

Оценка стандартной неопределенности по типу А

Оценивание стандартной неопределенности по типу А может основываться на любых обоснованных методах статистической обработки данных, таких как:

- расчет стандартного отклонения и среднего значения на основании серии наблюдений;
- использование метода наименьших квадратов для подбора кривой к данным и для получения соответствующих оценок параметров аппроксимации и их стандартных отклонений;

- проведение дисперсионного анализа для идентификации и определения значений отдельных случайных эффектов в измерениях, чтобы эти эффекты могли быть правильно приняты во внимание при оценивании неопределенности. В качестве примера оценивания по типу А можно рассмотреть величину X , для которой были получены p независимых наблюдений в одинаковых условиях измерения. В этом случае оценкой величины X будет среднее арифметическое значение или среднее $\bar{x}$ из p наблюдений x_i ($i = 1, 2, \dots, p$):

Стандартная неопределенность, связанная с оценкой $\bar{x}$, является экспериментальным стандартным отклонением среднего значения и равна положительному квадратному корню из экспериментальной дисперсии среднего значения:

$$u_A = [\sum (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)]^{1/2} \quad (3)$$

Оценка стандартной неопределенности по типу В. Оценивание (стандартной неопределенности) по типу В основывается на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости X_i . Фонд информации может включать: • данные предварительных измерений; • данные, полученные в результате опыта, или общие знания о поведении и свойствах соответствующих материалов и приборов; • спецификация изготовителя; • данные, которые приводятся в свидетельствах о калибровке и в других сертификатах; • неопределенности, приписываемые справочным данным, взятым из справочников. Имеющуюся информацию о величинах X_i необходимо правильно описать с помощью функции распределения вероятностей, чтобы затем определить оценки величин и их стандартные отклонения. При этом используются следующие основные распределения:

- 1) прямоугольное (равномерное);
- 2) треугольное;
- 3) трапецеидальное;
- 4) U - образное (арксинуса);
- 5) нормальное (Гаусса).

Основные этапы оценивания неопределенности включают в себя формулировку измерительной задачи и вычисления. Последнее включает в себя трансформирование распределений вероятностей и получение окончательного результата.

Рисунок D.1 иллюстрирует некоторые положения, рассмотренные в разделе 3 настоящего Руководства и в настоящем приложении. Из этого рисунка ясно, почему предметом рассмотрения Руководства является понятие неопределенности, а не погрешности. Точное значение погрешности результата измерения, как правило, неизвестно и непознаваемо. Единственное, что можно сделать — это оценить значения входных величин, включая поправки на известные систематические эффекты, вместе с их стандартными неопределенностями (стандартными отклонениями) либо на основе

неизвестных распределений вероятностей по полученным путем повторных наблюдений выборкам, либо на основе распределений, априорных или субъективно выбранных по имеющейся информации, после чего рассчитать результат измерения по оценкам входных величин и суммарную стандартную неопределенность этого результата по стандартным неопределенностям этих оценок. И только если есть твердая уверенность, что все вышеуказанные операции выполнены правильно и все значимые систематические эффекты учтены, можно предположить, что результат измерения является надежной оценкой измеряемой величины и что его суммарная стандартная неопределенность является надежной мерой ее возможной погрешности.

D.6.2 На рисунке D.2 в несколько измененном виде представлены те же понятия, что графически представлены на рисунке D.1. Кроме того, на рисунке D.2 [перечисление д)] показана возможность существования многих значений измеряемой величины, если определение измеряемой величины является неполным. Неопределенность, обусловленная этой неполнотой и выраженная в виде дисперсии, оценена на основе результатов измерений при множественных реализациях измеряемой величины с использованием одного и того же метода, приборов и т. д. (см. D.3.4).

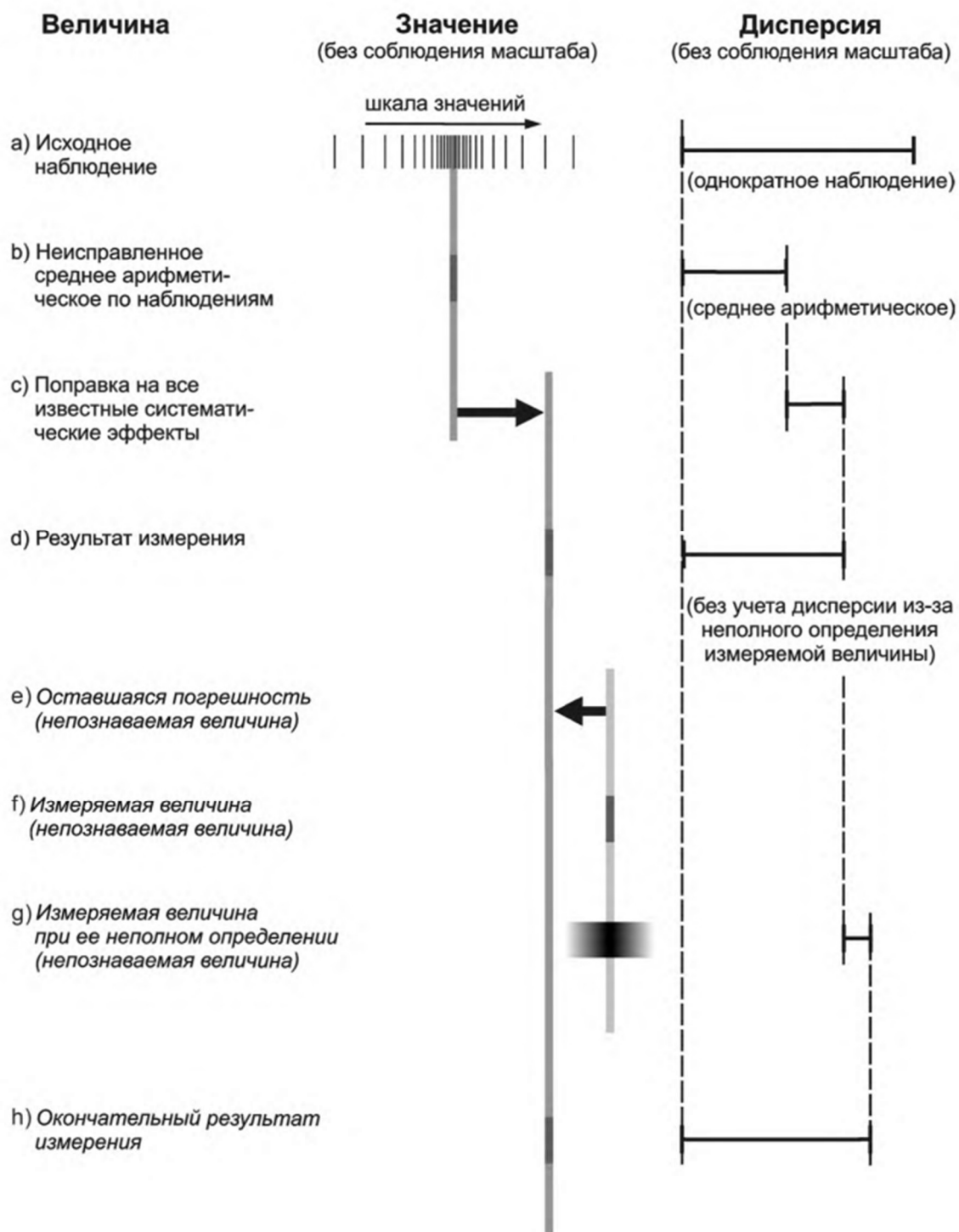
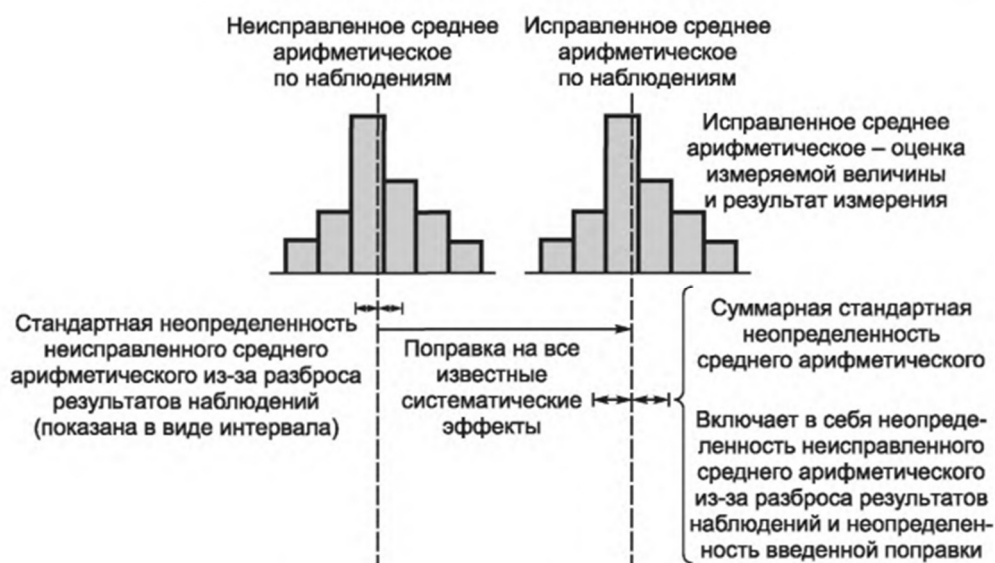
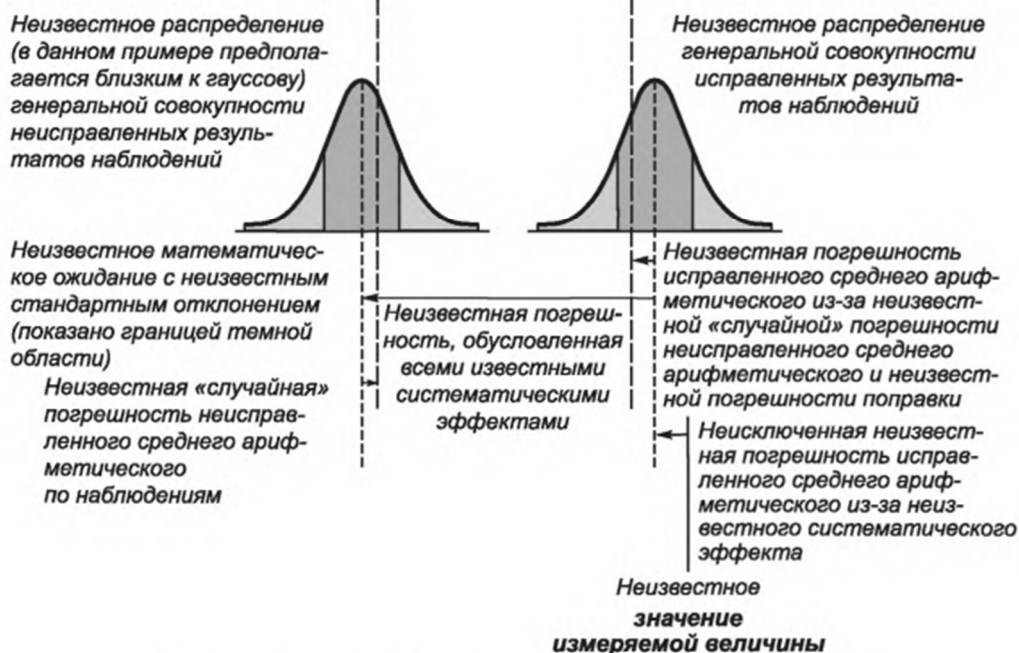


Рисунок D.2 — Графическая иллюстрация понятий «значение», «погрешность» и «неопределенность»



а) Понятия, основанные на наблюдаемых величинах



б) Идеализированные понятия, основанные на непознаваемых величинах

Рисунок D.1 — Графическая иллюстрация понятий «значение», «погрешность» и «неопределенность»

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1. Что такое стандартная неопределенность и зачем она используется?
2. Как производится оценивание неопределенности по типу А?
3. Какие источники информации используются для оценки неопределенности типа В?
4. Как распределения влияют на вычисление неопределенности?
5. Что показывает графическая иллюстрация стандартной неопределенности?
6. Чем различаются подходы типа А и типа В?

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. Алексеев С. В. *Основы метрологии и измерений*. – СПб.: Питер, 2021.
4. Левин В. И. *Неопределенность измерений и методы её оценки*. – М.: Логос, 2019.
5. Метрология, стандартизация и сертификация / под ред. В. В. Овчинникова. – М.: Академия, 2020.
6. Кузнецов Б. А. *Математическая обработка результатов измерений*. – М.: Академия, 2020.