

## **ОЦЕНИВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ**

**Коваленко И.Н.**

**Научный руководитель - доцент Танкович Т.И.**

*Сибирский федеральный университет*

Понятие «неопределенность измерения» означает сомнение относительно достоверности результата измерения. Неопределенность и связанные с ней величины (стандартная неопределенность, расширенная неопределенность), широко используются при обработке результатов измерений, отражая отсутствие точного значения измеряемой величины.

Данная статья показывает, понятие «неопределенность» в применении к описанию результатов измерений в энергетике, ее место в системе понятий и характеристик, применяемых при описании результатов измерений и их погрешностей. Оценка неопределенности результатов измерений является серьезной ключевой проблемой на пути к компетентности и взаимному признанию результатов испытаний.

В 2006 году на международном уровне был принят новый документ «Руководство», который диктует условия проведения измерений и установивший новые правила сличения государственных эталонов. Понятие «погрешность» стало устаревать, вместо него было введено понятие «неопределенность измерений» (Международный стандарт ИСО/МЭК 17025).

Методы вычисления неопределенности, так же как и методы оценивания характеристик погрешности, базируются на основных понятиях классической метрологии, математической статистики и теории ошибок, к ним относятся: истинное значение измеряемой величины, точность измерения, абсолютная и относительная погрешности, доверительный интервал и т.д.

Новый подход, принятый в «Руководстве» исходит из разделения составляющих неопределенности на два типа: А и В - являются неэквивалентными случайными и систематическими погрешностями.

Неопределенности типа А могут быть оценены статистическими методами на основе многократных измерений. Они описываются привычными характеристиками случайных величин – дисперсией или средним квадратичным отклонением (СКО).

Неопределенности типа В могут быть оценены любыми другими методами, кроме, статистических. Они должны описываться величинами, аналогичными дисперсии или СКО, так как именно эти характеристики можно использовать для объединения неопределенностей обоих типов.

В руководящих документах предлагается применять для сопоставления оценок характеристик неопределенностей и погрешностей результатов измерений следующую схему соответствия (рис. 1). Наличие таких схем позволяет легко выражать результат измерения в терминах погрешности или неопределенности измерения, не отвергая при этом ни того ни другого подхода.

Однако, в общем случае не существует однозначного соответствия между случайными погрешностями и неопределенностями, вычисленными по типу А (также неисключенными систематическими погрешностями и неопределенностями, вычисленными по типу В).

Практически везде погрешности делятся на: систематические и случайные, что обусловлено природой их возникновения и проявления в ходе измерительного эксперимента, а деление на неопределенности, вычисляемые по типу А и по типу В, - методами их расчета.

Таблица 1 – Соответствие обработки результатов измерений с использованием погрешности и неопределенности измерений

Характеристика	Описание результатов измерений с использованием:	
	Погрешности	Неопределенности
Результат измерения	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$	Среднее значение $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$
Разброс результатов измерений	Стандартное отклонение результатов измерений $s_r = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$	Стандартная неопределенность $u(X) = +\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$
Разброс, характеризующий все виды ошибок	Стандартное отклонение полной (суммарной) погрешности $s_{сумм} = +\sqrt{s_r^2 + \frac{\Delta^2}{3}}$	Суммарная стандартная неопределенность $u_c(X) = +\sqrt{u^2(X) + u^2(\delta) + \sum_{j=1}^J c_j^2 u^2(z_j)}$
Интервал нахождения измеряемой величины, при однократном измерении.	Доверительный интервал $\{ \bar{X} \pm ks_{сумм} \}$	Среднее значение $\pm$ расширенная неопределенность $\{ \bar{X} \pm U \} = \{ \bar{X} \pm ku_c(X) \}$

Сложность и объем вычислений, возникающих в практических задачах оценивания неопределенности измерений, требуют значительных ресурсов времени и труда. Тем более, если математическая модель измерения достаточно сложная и громоздкая, то производные (коэффициенты чувствительности) тоже приходится считать численно. Возможно, также, сама математическая модель измерения не имеет точного аналитического представления, что делает практически невозможным оценивание неопределенности «вручную». Поэтому, была разработана программа вычисления оценки неопределенности измерений. Входными данными для работы программы является формула математической модели измерения, характеристики источников(составляющих) неопределенности и их коэффициенты корреляции в соответствии с моделью. Характеристики прежде всего включают в себя тип оценивания неопределенности – по типу А или по типу В. Если выбирается тип А, то необходимо ввести экспериментальные данные, которые должны быть обработаны статистически. Если выбирается тип В, то задается предполагаемый (априорный) закон распределения вероятности с соответствующими параметрами. В случае, когда какие-то источники неопределенности считаются коррелированными, необходимо указать

коэффициент их корреляции. Также задается желаемый уровень доверия и тип вычисления коэффициента покрытия для оценки расширенной неопределенности.

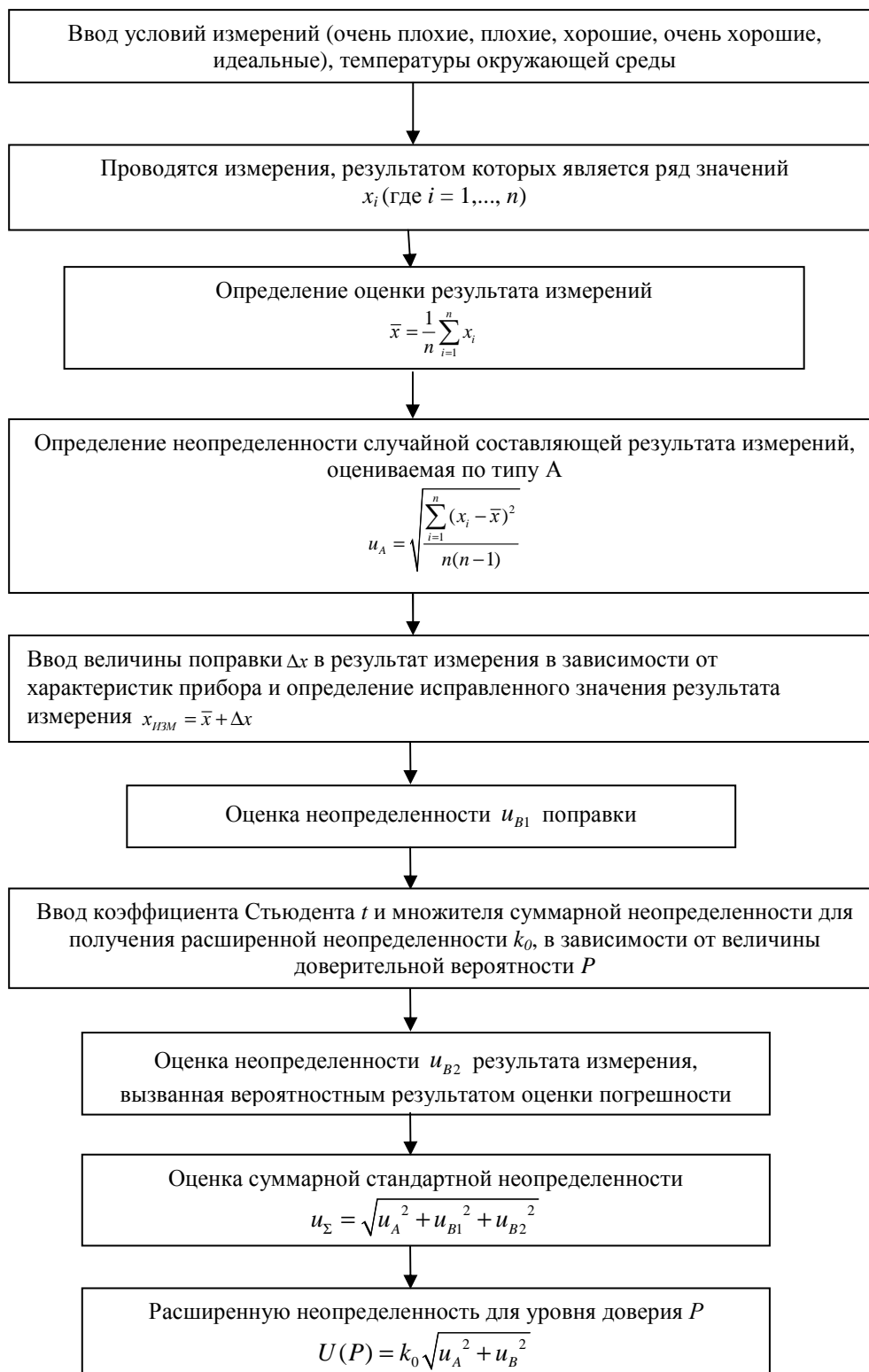


Рис.1 Алгоритм программы оценки неопределенности

Учитывая приведенный выше алгоритм при оценивании характеристик погрешности и неопределенностей результатов измерений можно воспользоваться схемой приведенной в таблице 2.

Таблица 2 – Схема расчета неопределенностей

СКО, характеризующее случайную погрешность	Стандартная неопределенность, вычисленная по типу А – путем статистического анализа результатов многократных измерений $U_A(x_i) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$
СКО, характеризующее неисключенную систематическую погрешность	Стандартная неопределенность, вычисленная по типу В $U_{B,i} = \frac{b_{i+} - b_{i-}}{2\sqrt{3}}$ для симметричных границ $U_{B,i} = \frac{b_i}{\sqrt{3}}$
СКО, характеризующее суммарную погрешность	Суммарная стандартная неопределенность $U_C = \sqrt{U_A^2 + U_B^2}$
Доверительные границы погрешности	Расширенная неопределенность $U_P = t_P \cdot U_C$

Расчеты подтверждают, что различия оценок из-за неполного соответствия некоторых алгоритмов расчета и коэффициентов не превышают 11 % , что для рядовых измерений можно считать пренебрежимо малым расхождением.

#### Список литература

1. Руководство по выражению неопределенности измерения. Первая редакция ИСО 1993 г. Перевод и публикация ГП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Санкт-Петербург, 1999.
2. РМГ 29-99 ГСОЕИ. Метрология. Основные термины и определения.
3. РМГ 43-2001 ГСОЕИ. Применение «Руководства по выражению неопределенности измерений».
4. Дойников А.С. Соотношение понятий «погрешность» и «неопределенность». «Законодательная и прикладная метрология». – М.: № 5., 2002.