

УДК 519.254:303.717

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

А. А. Потапова, студентка гр. УКмоз-151, 1 курс

Научный руководитель: Д. М. Дубинкин, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева
г. Кемерово

Наука начинается, когда начинают измерять, а получив результаты измерений их необходимо обработать и определить оценку измеряемой величины и доверительного интервала. В настоящее время для обработки экспериментальных данных используют методы математической статистики и теории вероятностей. Математическая статистика дает возможность оценивать параметры генеральных совокупностей и устанавливать для них доверительные пределы по весьма малым выборкам. Кроме того, математическая статистика дает оценку точности полученных зависимостей, а также вероятности наличия тех или иных связей или полученных значений [1, 2, 3, 4].

На практике при проведении измерений применяют два метода [1, 2]:

– метод изменения одного параметра, при поддержке всех остальных постоянными, для определения частной зависимости;

– метод одновременного изменения всех входных параметров, для определения взаимосвязи между каким либо одним из них и остальными.

При постановке измерительного эксперимента, необходимо определить, какие по числу измерений (однократные или многократные) измерения следует осуществлять для определения значения измеряемой физической величины. Общим здесь является следующий подход:

– если систематическая погрешность является определяющей, т.е. ее значение существенно больше значения случайной погрешности, то целесообразно использовать однократные измерения для получения значения измеряемой величины;

– если случайная погрешность является определяющей, то необходимо использовать многократные измерения.

Применение методов математической статистики и теории вероятностей позволяет получить корректные результаты только в том случае, когда из результатов измерений исключены систематические погрешности, поэтому предполагают что:

– результаты измерений являются исправленными, т.е. из них исключена известная систематическая погрешность;

– не исключенные систематические погрешности настолько малы, что ими можно пренебречь;

– результаты измерений являются равнодисперсионными величинами, т.е. экспериментальные данные получаются при выполнении измерений одним оператором с помощью одних и тех же средств измерений;

– из результатов измерений исключены грубые погрешности.

В настоящее время в Российской Федерации разработаны и действует ряд нормативных документов в области метрологии (обеспечения единства измерений) [6, 7, 8, 9], регламентирующие методы обработки результатов измерений:

– ГОСТ Р 8.736 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения».

– Р 50.2.038 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений».

– МИ 2083 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей».

– МИ 1832 «Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила».

На основании нормативных документов [6, 7, 8, 9] и других рекомендаций [1, 2, 3, 4] разработан алгоритм обработки результатов измерений:

1. Принять значения доверительной вероятности (P_d) и определить коэффициент Стьюдента (t_p) в зависимости от доверительной вероятности (P_d) и числа измерений (n) по таблице распределения Стьюдента [5, 6].

2. Определить и исключить ошибочные результаты измерений (1). Результат измерений (X_i) считается аномальным и его необходимо исключить, если экспериментальное значение коэффициента Стьюдента (t_p) по модулю больше или равно табличному значению.

$$\left| \left(X_i - \bar{X} \right) / S \right| \geq t_p \quad (1)$$

где \bar{X} – среднее арифметическое результатов измерений (2); X_i – результат измерений, поставленный под сомнение и выделяющийся на фоне остальных; S – среднеквадратическое отклонение результатов измерений (3).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Расчет \bar{X} и S необходимо производить с исключением результата поставленного под сомнение и выделяющегося на фоне остальных

Возможно использование и других критериев исключения ошибочных результатов измерений, например критерий Граббса [6].

3. Исключить известные систематические погрешности (∇) из результатов измерений (X_i):

$$X_i^{\nabla} = X_i - (\nabla) \quad (4)$$

4. Вычислить среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений:

$$\bar{X}^{\nabla} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^{\nabla} \quad (5)$$

5. Вычислить среднее квадратическое отклонение результатов измерений:

$$S^{\nabla} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla})^2}{n-1}} \quad (6)$$

6. Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценку измеряемой величины):

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla})^2}{(n-1) \cdot n}} = \frac{S^{\nabla}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

7. Проверить гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению [6]. Проверку гипотезы о том, что результаты измерений принадлежат нормальному распределению, проводят с уровнем значимости (q) от 10% до 2%, которые указываются в конкретной методике измерений.

8. Определить доверительные границы случайной погрешности:

$$\varepsilon = \pm t_P \cdot S_{\bar{X}} \quad (4)$$

9. Записать результат измерений с использованием правил округления [6, 10] в виде:

$$\bar{X}^{\nabla} \pm \varepsilon$$

или

$$\bar{X}^{\nabla} - \varepsilon \leq \bar{X}^{\nabla} \leq \bar{X}^{\nabla} + \varepsilon, P_d$$

Результаты однократных измерений являются случайными величинами, но из-за незнания закона распределения величины не могут быть подвергнуты статистической обработке. Погрешность результата однократного измерения определяется при утверждении метода проведения измерений и рассматрива-

ется как случайная. Для исключения получения промахов, грубых погрешностей, при однократных измерениях допускается проведение $2 \div 3$ замеров с нахождением среднего арифметического результата измерения по формуле (5), но без последующей статистической обработки.

Погрешность результата измерения физической величины должна давать представление о том, какие цифры в его числовом значении являются сомнительными. Поэтому числовое значение результата измерения должно быть представлено так, чтобы оно оканчивалось десятичным знаком того же разряда, что и значение его погрешности. Большее число разрядов не имеет смысла, т. к. не уменьшает неопределенности результата, а меньшее, которое может быть получено путем округления, увеличивает неопределенность результата. Поэтому погрешность результатов технических измерений нецелесообразно выражать большим числом цифр, достаточно ограничиться одной-двумя значащими цифрами, причем две цифры используются только при записи погрешности ответственных и точных измерений.

Математическую обработку результатов измерений рекомендуется производить на ЭВМ с помощью программного пакета «Microsoft Office Excel» [4]. Данное программное обеспечение позволяет обработать полученный массив экспериментальных данных в автоматическом режиме и исследовать статистические связи между выходными и входными параметрами различных технологических процессов [11, 12, 13], а также при процедуре поверки и калибровке средств измерений [9, 14].

Таким образом:

– алгоритм, обработки результатов многократных измерений, позволяет определить оценку измеряемой величины и доверительного интервала, в котором находится истинное значение измеряемой величины;

– планирование эксперимента и математическая обработка экспериментальных данных с помощью программного пакета «Microsoft Office Excel», дают возможность аппроксимировать многофакторные модели и установить корреляционные связи между входными и выходными параметрами различных технологических процессов [11, 12, 13].

Список литературы:

1. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – Москва : Издательство "Наука", 1976. – 279 с.

2. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; перевод с англ. Ю.Г. Гордиенко. – Москва : Мир, 1981. – 516 с.

3. Рогов В. А. Методика и практика технических экспериментов: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – Москва : Изд. центр «Академия», 2005. – 288 с.

4. Берк К. Анализ данных с помощью Microsoft Excel / К. Берк, П. Кэйри ; перевод с англ. Ю.Г. Гордиенко. – Москва : Издательский дом "Вильямс", 2005. – 560 с.

5. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – Москва : Высш. шк., 1999. – 479 с.

6. ГОСТ Р 8.736–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – Введ. 01.01.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

7. Р 50.2.038–2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. – Введ. 01.01.2005. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 11 с.

8. МИ 2083–90. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. – Введ. 01.01.1992. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 14 с.

9. МИ 1832–88. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила. – Введ. 01.07.1989. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 19 с.

10. ПМГ 96–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления. – Введ. 01.01.2011. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 14 с.

11. Дубинкин Д. М. Повышение эксплуатационных возможностей обдирочных шлифовальных кругов /А. Н. Коротков, Д. М. Дубинкин – Москва: Издательский дом «Спектр», 2010. – 178 с.

12. Дубинкин Д. М. Методика проведения экспериментов при исследовании эксплуатационных возможностей обдирочных шлифовальных кругов с контролируемой формой зерен // Новые технологии наукоемкого машиностроения: приоритеты развития и подготовка кадров: сборник ст. Междунар. науч.-технич. конф. 16 мая. 2013 г., Наб. Чел.: Изд. Казан. гос. техн. ун-та, 2013. – С.43-47.

13. Дубинкин Д. М. Планирование эксперимента с помощью программного пакета «Microsoft office excel» при обдирочном шлифовании кругами с контролируемой формой зерен // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы. Шлифабразив-2014 : сборник статей Международной научно-технической конференции. – Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. С. 149-153.

14. Дубов Г. М. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учеб. пособие / Г. М. Дубов, Д. М. Дубинкин; ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2011. – 224 с.