

*Авторы:*

**Кошкина Ксения Валерьевна**

студентка

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

г. Казань, Республика Татарстан

**Гибадуллина Эндже Анваровна**

студентка

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

г. Казань, Республика Татарстан

*Научный руководитель:*

**Ахметзянова Наиля Гамировна**

инженер по организации и нормированию труда

Управление «Татнефтегазпереработка»

СП ПАО «Татнефть»

г. Альметьевск, Республика Татарстан

## **ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Аннотация:* в данной статье создано программно-алгоритмическое приложение, позволяющее быстро обрабатывать экспериментальные данные в части метрологической проработки. Указаны требования и этапы создания программного обеспечения по метрологической обработке экспериментальных данных. Произведен выбор инструментальной среды. Созданы визуальные формы, разработан интерфейс программного приложения с выводом необходимых сообщений.

*Ключевые слова:* метрологическая обработка, измерения прямые много-кратные, программное приложение, ресурсосбережение.

На разных этапах инженерной деятельности для обеспечения качества, надёжности, безопасности и взаимозаменяемости применяются различные виды метрологической деятельности. Так, производственная метрологическая деятельность заключается в обеспечении выполнения требований нормативной документации методами и средствами прикладной метрологии, т.е. при помощи измерений обеспечиваются значения контролируемых показателей, не выходящие за пределы нормативных.

При проведении исследований в химической лаборатории необходимой является метрологическая проработка экспериментальных данных. Целью метрологической проработки является определение достоверности полученных результатов и их погрешностей.

С целью ресурсосбережения, увеличения скорости обработки данных требуется разработать программное приложение метрологической обработки экспериментальных данных. Таким образом, чтобы учитывалась возможность проверки алгоритмов и функций с помощью метрологических испытаний, тестирования или изучения программного обеспечения [1].

Программа должна работать в диалоговом режиме с вводом задания. Перед вводом экспериментальных данных необходимо предусмотреть ввод и определение данных с использованием справочных файлов с выдачей на экран необходимых сообщений.

В процессе сбора данных эксперимента необходимо предусмотреть сохранение вводимой информации и возможность печати протокола набора экспериментальных данных, а также информацию промежуточного анализа в виде кратких сообщений о наличии грубых ошибок.

После предварительного анализа информации должен производиться расчет метрологических характеристик с выводом полученных данных.

По завершении программы обработки предусмотреть возможность хранения информации, выдачи ее на экран монитора и печатающие устройства.

Для определения результатов точности измерений применяются многократные измерения. Оценка результатов погрешности проводится по ГОСТ Р 8.736–

2011 «Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» [2].

Последовательность статистической обработки результатов измерений:

– исключаются систематические погрешности результатов измерений

$$\sigma = \Delta C ; \quad (1)$$

– вычисляются среднеарифметическое значение результатов измерений

$$\bar{A} = \frac{\sum x_i}{n} ; \quad (2)$$

– вычисляется среднеквадратическое отклонение результатов наблюдений

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{A})^2}{n-1}} . \quad (3)$$

Производится исключение грубых ошибок, если не соблюдается условие  $\Delta_i > |x_i - \bar{A}|$ , где  $\Delta_i = 2\sigma$  при  $P = 0,95$ , тогда результат наблюдения  $x_i$  исключают как грубую погрешность измерения, далее повторяют расчет с (2)-(3).

Грубые погрешности измерений – случайные погрешности измерений, существенно превышающие ожидаемые при данных условиях погрешности, зачастую обусловлены неправильным отсчетом по прибору, ошибкой при записи наблюдений, наличием сильно влияющей величины, неисправностью средств измерений. Если грубые погрешности встречаются часто, ставятся под сомнение все результаты измерений.

Далее выполняется определение оценки среднеквадратического отклонения результатов измерений:

$$S(\bar{A}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}} . \quad (4)$$

А также определяется характер распределения случайных погрешностей.

Случайная погрешность измерения – составляющая погрешности измерений, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины. Обнаруживаются случайные погрешности при многократных измерениях одной и той же величины одними и теми же средствами измерения в

одинаковых условиях одним и тем же наблюдателем, т.е. при равноточных измерениях.

Результаты наблюдений принадлежат к нормальному распределению (количество измерений меньше 15).

Доверительные границы случайной погрешности результата измерения при данной доверительной вероятности вычисляются по формуле

$$\varepsilon = t_p \cdot S(\bar{A}), \quad (5)$$

где  $t_p$  – коэффициент Стьюдента,  $t_p = 2,3060$  при  $n = 8$ ,  $P = 0,95$ .

Вычисляются границы, не исключенной систематической погрешности результата измерения при данной доверительной вероятности

$$\theta = k \sqrt{\sum_{i=1}^m \theta_i^2}, \quad (6)$$

где  $k = 1,1$ ,  $P = 0,95$ ;  $\theta_i$  – погрешность метода измерения, средств измерения, влияющих величин соответственно;  $m$  – количество влияющих погрешностей.

Вычисляются доверительные границы суммарной погрешности результата измерения.

$$\frac{\theta}{S(\bar{A})} < 0,8 \quad \text{, то } \Delta = \varepsilon \quad (7)$$

$$\frac{\theta}{S(\bar{A})} > 8 \quad \text{, то } \Delta = \theta \quad (8)$$

$$0,8 < \frac{\theta}{S(\bar{A})} < 0,8 \quad \text{, то } \Delta = S\varepsilon \cdot k\Sigma, \quad (9)$$

$$S_\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3} + S^2(\bar{A})}, \quad (10)$$

где

$$k = \frac{\varepsilon + \theta}{S^2(\bar{A}) + \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{\theta_i^2}{3}}}; \quad (11)$$

Вычисляется относительная погрешность:

$$\delta = \frac{\Delta}{A} \cdot 100, \% \quad (12)$$

Конечный результат записывается в виде:

$$A = \bar{A} \pm \Delta, \text{ с относительной погрешностью } \delta, \% .$$

В разработанном программном приложении предусмотрена метрологическая обработка экспериментальных данных двумя способами: в таблице с вводом и выводом значений на рабочий лист электронной таблицы Microsoft Excel и в окне приложения, выполненного средствами Visual Basic for Applications.

Интерфейс программного приложения метрологической обработки данных состоит из следующих форм, каждая из которых выполняет свою функцию.

UserForm1 – является первым, «титульным» окном интерфейса программного приложения. Содержит в себе название программы, «Метрологическая обработка результатов измерения» (Label1), графическое изображение (Image1), а также кнопку «Ок» (CommandButton2), которая выполняет команду перехода на следующее окно программного приложения.

UserForm2 – является вторым окном интерфейса программного приложения, выполняет функцию ввода данных в программу для последующего расчета необходимых величин (рисунок 1). Содержит в себе следующие элементы: название программы (Label 5), окно ввода исходных данных (TextBox1), с применением способа ввода значений поочередно (ListBox1), добавляя в список (CommandButton3), окно ввода ошибки метода  $\theta 1$  (TextBox2), окна ввода ошибок средства измерений  $\theta 2, \theta 3, \theta 4$  (TextBox3, TextBox4, TextBox5 соответственно), окна ввода ошибок измеряющих величин  $\theta 5, \theta 6, \theta 7$  (TextBox6, TextBox7, TextBox8 соответственно), кнопка «Назад» для перехода в предыдущее окно программы (CommandButton1), кнопка «Очистить таблицы» для удаления всех введенных значений в таблице (CommandButton4), кнопка «Рассчитать» для выполнения расчета после введения всех необходимых значений (CommandButton2).

UserForm3 – третье окно интерфейса программного приложения, выполняет функцию вывода рассчитанных величин (рисунок 2). Содержит в себе следующие элементы: название программы (Label), окно вывода значения Коэффициента Стьюдента (TextBox13), окно вывода результата измерения (TextBox14),

окно вывода погрешности результата (TextBox15), окно вывода значения доверительной вероятности (TextBox16), окно вывода значения среднеквадратического отклонения (TextBox17), окно вывода доверительных границ систематической погрешности (TextBox18), окно вывода доверительных границ случайной погрешности (TextBox19).

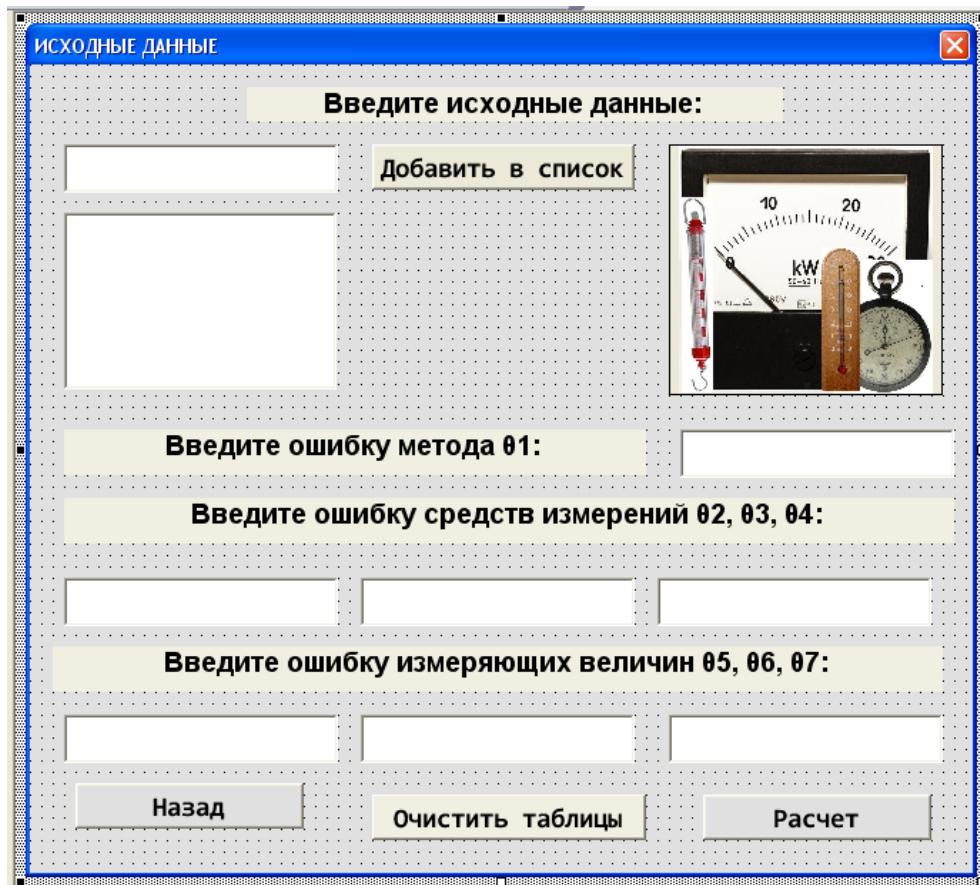


Рис. 1. Форма ввода исходных данных

Для расчета необходимых величин была внедрена таблица со справочным материалом на Лист 2 документа Excel «Значения Критерия Стьюдента».

Рассчитанные значения отображаются в UserForm3, производится также заполнение листа «Результирующая таблица» в электронной таблице, предусмотрено сохранение полученных данных и вывод на печать.

Разработан удобный интерфейс, позволяющий вводить данные как в окне визуальной формы, так и непосредственно в таблице. Обеспечение выдачи информации производится в виде установленных форм документов (отчётов) на основании заданных критериев. При тестировании программного приложения не

было обнаружено несоответствий, противоречий, а также ошибок, мешающих продуктивной работе.

Рис. 2. Форма результатов расчета

Внедрение данного программно-алгоритмического приложения приводит к более рациональной, экономящей время метрологической обработке экспериментальных данных.

### ***Список литературы***

1. Слаев В.А. Аттестация программного обеспечения, используемого в метрологии: Справочная книга / В.А. Слаев, А.Г. Чуновкина / Под ред. В.А. Слаева. – СПб.: Профессионал, 2009. – 320 с.
2. ГОСТ Р 8.736–2011 Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.