Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 531.73

Обработка результатов измерений на примере нахождения объёма цилиндра с помощью языка программирования Python

Егорова И.В., Петренко Н.В., Грачева Н.Н., Руденко Н.Б., Морозов Я.П.

Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Аннотация

Научно-технический прогресс базируется на результатах измерений различных физических величин, которым предшествует кропотливая предварительная работа людей различных специальностей. Требования к обработке результатов измерений стали в последнее время более жесткими.

Для обеспечения надежности и сопоставимости данных, первостепенное значение имеет единство измерений. Высокая точность, достоверность результатов, унифицированные подходы к оценке погрешностей и стандартизированные условия проведения измерений являются фундаментом для принятия обоснованных решений.

Ключевые слова: ОБЪЁМ ЦИЛИНДРА, ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА, РЕЗУЛЬТАТ ИЗМЕРЕНИЯ, ПРИБОР, ПОГРЕШНОСТЬ, ОПЫТ, СЛУЧАЙНОЕ СОБЫТИЕ, ДИАМЕТР ЦИЛИНДРА, ВЫСОТА ЦИЛИНДРА, ШТАНГЕНЦИРКУЛЬ

Современный научно-технический прогресс, охватывающий все сферы науки и техники, в значительной степени опирается на данные, полученные в результате измерений физических величин. Этим измерениям предшествует масштабная и трудоемкая подготовительная работа, выполняемая специалистами различных профилей. В последнее время наблюдается ужесточение требований к методам и качеству обработки полученных результатов измерений.

С помощью результатов измерений, как результата процесса познания, человечество познаёт окружающий мир и на основании их стремится создать более благоприятные условия своей жизни.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Актуальным вопросом, возникающем в процессе измерений, является обеспечение единства измерений и достоверности их результатов. Важное значение имеет высокая точность и достоверность результатов измерений, единообразие принципов и способов оценки точности этих результатов, а также условий проведения измерений.

Для определения количественных характеристик физических явлений, посредством использования специализированного оборудования, проводятся их измерения. Классификация этих измерений представлена на прилагаемом рис. 1 [1].

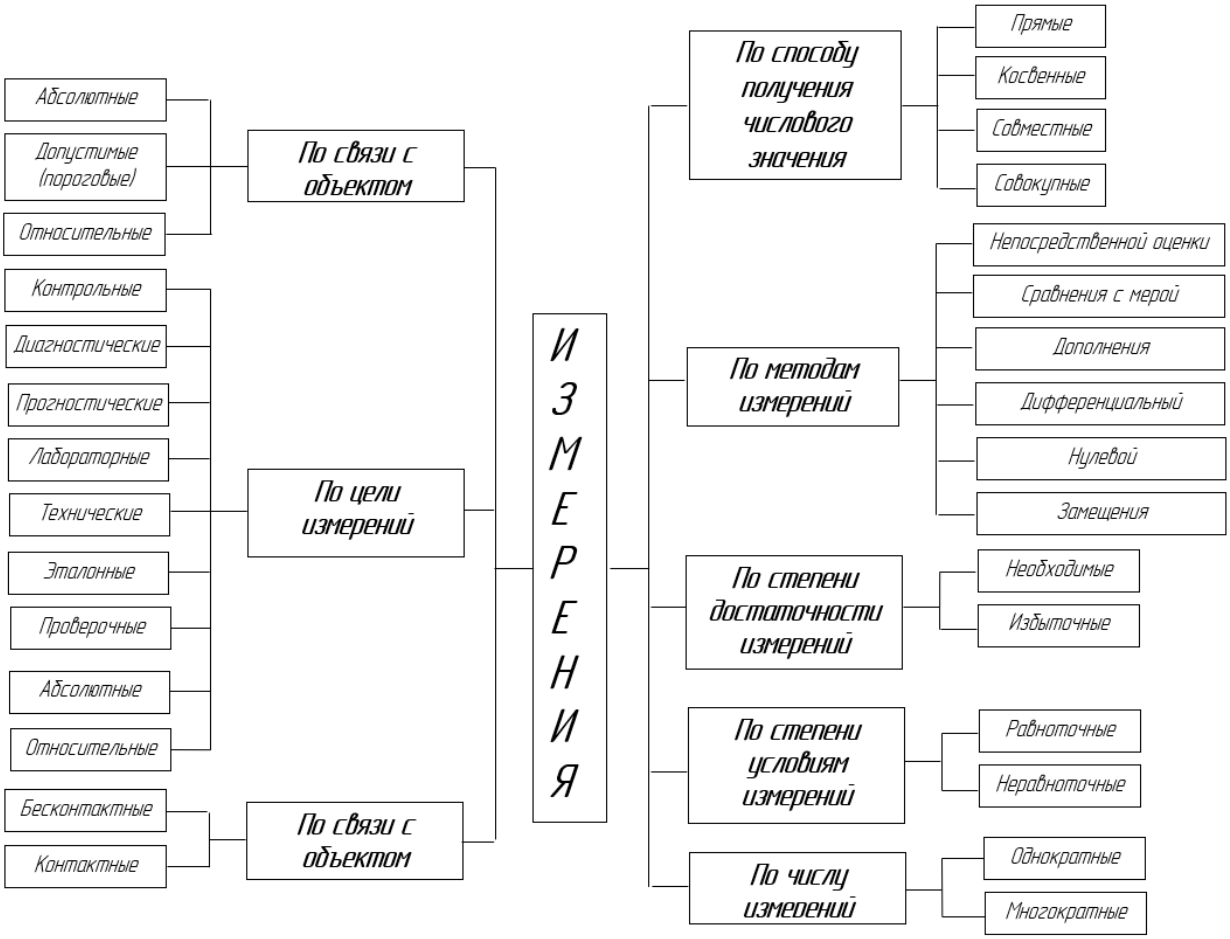


Рис. 1. Классификация измерений

В процессе измерения любой физической величины необходимо выполнять следующие последовательные операции, приведённые на рис. 2.

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

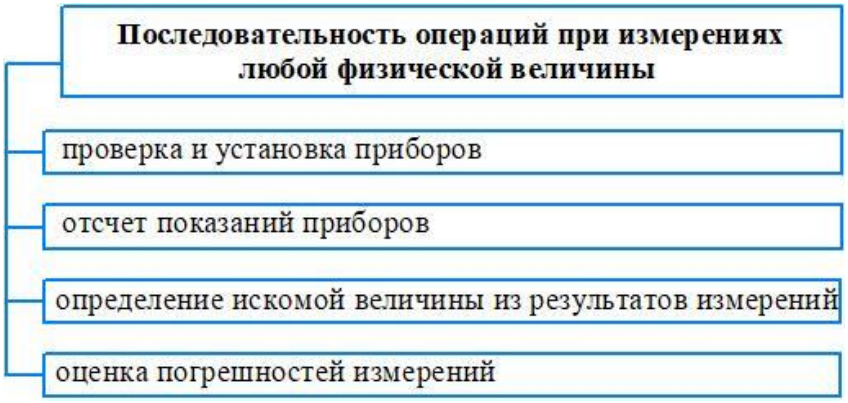


Рис. 2. Последовательность операций при измерениях любой физической величины

Необходимость последней операции обусловлена тем, что при измерениях мы никогда не получаем истинного значения искомой физической величины, а лишь ее приближенное значение. Это объясняется как принципиально ограниченной возможностью точности измерения, определяемой точностью прибора, так и природой самих измеряемых объектов.

Поэтому повторные измерения одной и той же величины дают в общем случае результаты, несколько отличающиеся друг от друга даже тогда, когда они производятся одним и тем же лицом, одним и тем же способом, посредством одних и тех же приборов. Следовательно, любые измерения всегда производятся с некоторыми погрешностями [1, 2].

Классификация погрешностей измерений, в зависимости от причин, которыми они вызваны, приведена на рис. 3.



Рис. 3. Классификация погрешностей, в зависимости от причин, которыми они вызваны

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

Погрешности по характеру во времени подразделяются на систематические и случайные. Существуют еще погрешности, вызванные неисправностью прибора или небрежностью экспериментатора – промахи, которыми называют большие погрешности, которые легко обнаруживаются и устраняются путем повторения опытов или исключением из рассмотрения результатов, содержащих промахи. Величина и знак систематических погрешностей не изменяются при повторении измерений в неизменных условиях.

Эти погрешности связаны с несовершенством методов измерения или неправильной установкой прибора (например, положение нуля термометра не соответствует нулевой температуре, стрелка электроизмерительного прибора при отсутствии тока не установлена на ноль и т.п.). Они могут появиться, если пренебречь воздействием некоторых постоянно действующих внешних факторов во время измерений (например, если при измерении массы не учитывать выталкивающей силы воздуха на взвешиваемое тело и разновесы, при измерениях объема жидкости или газа при отличной от нуля температуре не учитывать расширения сосуда) [3].

Приближенное представление известных констант или табличных данных, например, использование значения π=3,14 вместо более точного π=3,14159, приводит к возникновению систематической погрешности. Поскольку источники систематических погрешностей, как правило, идентифицируемы, их можно устранить в ходе измерений посредством внесения корректировок.

Знак и величина случайных погрешностей изменяются случайным образом при повторении измерений в неизменных условиях. Появление того или иного результата измерений искомой величины и, следовательно, соответствующей погрешности, в процессе измерений является случайным событием. Они вызываются большим числом случайных факторов, действие которых при каждом измерении различно и не может быть учтено заранее. Исключить случайные погрешности отдельных измерений невозможно. Однако с помощью математической теории случайных явлений можно оценить значение этих погрешностей, и, увеличивая число измерений, уменьшить величину погрешностей до приемлемых значений [4].

Рассмотрим вопрос обработки результатов измерений на примере задачи определения объёма цилиндра.

Последовательность расчетов при обработке результатов измерений должна быть

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

следующей [5]:

1. Измерить значения диаметра и высоты цилиндра штангенциркулем. Измерения производить штангенциркулем с точностью $\pm$0,1 мм или $\pm$0,05 мм.

Повторить измерения $n = 10$ раз на различных участках цилиндра, поворачивая цилиндр и перемещая измерительный прибор. Результаты каждого измерения записать в таблицу результатов наблюдений (таблица 1).

Таблица 1. Таблица результатов наблюдений

n	D, мм	ΔD, мм	ΔD^2, мм^2	h, мм	Δh, мм	Δh^2, мм^2
1						
…						
10						
		$D_{\text{ср}}$		$h_{\text{ср}}$		
			σ_D			σ_h

2. Вычислить средние значения $D_{\text{ср}}$ и $h_{\text{ср}}$ из n измерений по формулам

$$D_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{D_i}{n}}{n},\ h_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{n}}{n}$$

где $D_i, h_i -$ измеряемые величины диаметра и высоты соответственно.

3. Проверить, нет ли промахов в серии измерений, т.е. значений, резко отличающихся от остальных измерений. Исключить эти результаты и повторить измерения.

4. Найти абсолютные погрешности отдельных измерений ΔD_i и Δh_i по формулам $\Delta D_i = D_i - D_{\text{ср}}$, $\Delta h_i = h_i - h_{\text{ср}}$ и результаты вычислений занести в таблицу 1.

5. Вычислить квадраты погрешностей отдельных измерений $(\Delta D_i)^2$ и $(\Delta h_i)^2$ и результаты вычислений занести в таблицу 1.

6. Определить среднеквадратичные погрешности измерения D и h по формулам

$$\sigma_D = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (\Delta D_i)^2},\ \sigma_h = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n} (\Delta h_i)^2}.$$

7. Задать значение надежности α (обычно выбираем $\alpha = 0{,}95$).

8. Определить коэффициент Стьюдента $t_{\alpha,n}$ для заданной преподавателем надежности α и числа произведенных измерений n по справочным таблицам.

9. Найти границы доверительного интервала, т.е. погрешность результата измерений:

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

$$\Delta a_{\text{ср}} = t_{\alpha,n}\sigma_{\text{ср}}.$$

10. Если величина случайной погрешности $\Delta a_{\text{ср}}$ окажется сравнимой с погрешностью прибора, то в качестве границы доверительного интервала необходимо взять величину

$$\Delta D_{\text{ср}} = \sqrt{\left(t_{\alpha,n}\cdot\sigma_D\right)^2 + \left(k_\alpha\cdot\frac{\delta}{3}\right)^2}\ ,\ \Delta h_{\text{ср}} = \sqrt{\left(t_{\alpha,n}\cdot\sigma_h\right)^2 + \left(k_\alpha\cdot\frac{\delta}{3}\right)^2},$$

где $k_\alpha -$ коэффициент надёжности технических и лабораторных приборов,

$$k_\alpha = t_{\alpha,n}(n\to\infty);$$

δ – абсолютная погрешность прибора, $\delta = 0{,}05$.

11. Вычислить величины относительных погрешностей для D и h по формулам

$$\varepsilon_D = \frac{\Delta D_{\text{ср}}}{D_{\text{ср}}}\cdot 100\%\ ,\ \varepsilon_h = \frac{\Delta h_{\text{ср}}}{h_{\text{ср}}}\cdot 100\%.$$

12. Записать полученные для D и h результаты в виде

$$D = \left(D_{ср.} \pm \Delta D_{ср.}\right) мм,\quad h = \left(h_{ср.} \pm \Delta h_{ср.}\right) мм,$$

$$\varepsilon_D = \%. \qquad\qquad \varepsilon_h = \%.$$

13. Вычислить среднее значение объёма цилиндра $V_{ср.}$

$$V_{\text{ср}} = \frac{\pi\cdot D_{\text{ср}}^2\cdot h_{\text{ср}}}{4}.$$

14. Вычислим средний квадрат абсолютной погрешности объема цилиндра

$$\Delta V_{\text{ср}} = \frac{2\cdot\pi}{4}h_{\text{ср}}^2\cdot\Delta D_{\text{ср}} + \frac{\pi}{4}D_{\text{ср}}^2\cdot\Delta h_{\text{ср}}.$$

15. Вычислим относительную погрешность объёма цилиндра

$$\varepsilon_V = \frac{\Delta V_{\text{ср}}}{V_{\text{ср}}}\cdot 100\%.$$

16. Запишем полученный результат в виде:

$$V = \left(V_{\text{ср}} \pm \Delta V_{\text{ср}}\right),\ \text{мм}^3.$$

По предложенной последовательности расчётов объёма цилиндра при обработке результатов измерений был построен алгоритм и написана программа на языке Python.

Алгоритм, изображенный на рис. 4, охватывает все необходимые шаги для определения объема цилиндра. Он включает в себя вычисление диаметра и высоты измеряемого цилиндра, а также оценку погрешностей, связанных с этими измерениями. В результате вычислений будут получены: диаметр, высоту и объём цилиндра в диапазонах с учётом погрешностей измерений [6, 7].

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

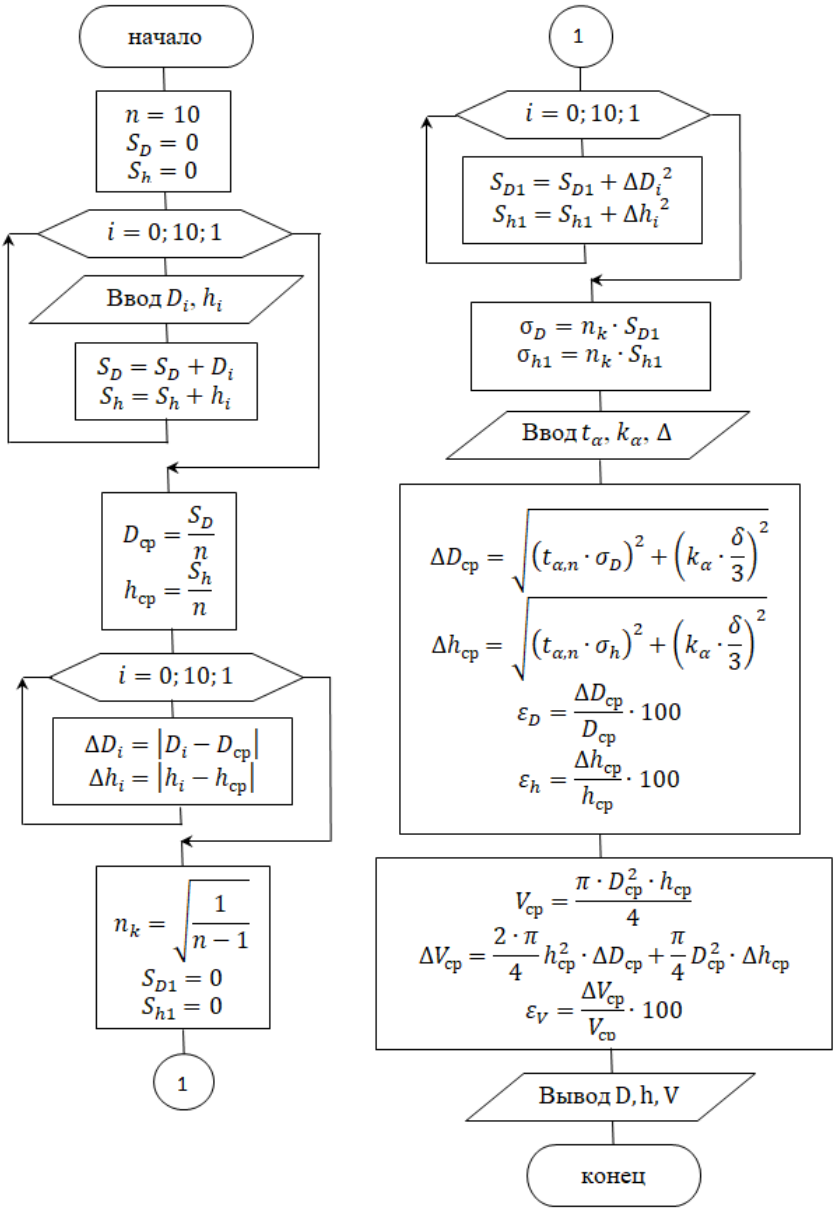


Рис. 4. Алгоритм расчёта объёма цилиндра

Для расчётов были использованы стандартные библиотеки языка программирования Python [7]. Входные величины представляют собой массивы данных, элементы которых вводятся циклически. Весь вычислительный процесс представлен в виде последовательных циклов, позволяющих обрабатывать данные измерений любого объёма (рис. 5).

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

```
for i in range(n):
    D_i = float(input(f"Введите значение D_{i+1}: "))
    D.append(D_i)
    S_D += D_i
    h_i = float(input(f"Введите значение h_{i+1}: "))
    h.append(h_i)
    S_h += h_i
D_avg = S_D / n
h_avg = S_h / n
delta_D = []
delta_h = []
for i in range(n):
    delta_D_i = abs(D[i] - D_avg)
    delta_h_i = abs(h[i] - h_avg)
    delta_D.append(delta_D_i)
    delta_h.append(delta_h_i)
n_k = math.sqrt(1.0 / (n * (n - 1)))
S_D1 = sum(delta_D)
S_h1 = sum(delta_h)
sigma_D = n_k * S_D1
sigma_h = n_k * S_h1
t_alphan = float(input("Введите значение t_alphan: "))
k_alpha = float(input("Введите значение k_alpha: "))
sigma = float(input("Введите значение sigma: "))
delta_D_avg = math.sqrt((t_alphan * sigma_D)**2 + ((k_alpha * sigma) / 3.0)**2)
delta_h_avg = math.sqrt((t_alphan * sigma_h)**2 + ((k_alpha * sigma) / 3.0)**2)
l_D = (delta_D_avg / D_avg) * 100
l_h = (delta_h_avg / h_avg) * 100
V_avg = (3.14 * (D_avg)**2 * h_avg) / 4.0
delta_V_avg = (2 * 3.14 / 4.0) * (h_avg)**2 * delta_D_avg + (3.14 / 4.0) * (D_avg)**2 * delta_h_avg
e_V = (delta_V_avg / V_avg) * 100
print(f"Сигма: {sigma}")
print(f"k_alpha: {k_alpha}")
print(f"l_D: {l_D:.2f}%")
print(f"l_h: {l_h:.2f}%")
print(f"D: ({D_avg:.2f} ± {delta_D_avg:.2f}) мм")
print(f"h: ({h_avg:.2f} ± {delta_h_avg:.2f}) мм")
print(f"V: ({V_avg:.2f} ± {delta_V_avg:.2f}) мм³")
print(f"e_V: {e_V:.2f}%")
```

Рис. 5. Фрагмент программы на языке Python

Для обеспечения высокой степени точности и сопоставимости полученных данных необходимо строго соблюдать унифицированные стандарты измерений. Критически важными аспектами, обеспечивающими надежность результатов, являются высокая точность измерений, валидность методов оценки погрешностей и стандартизация условий проведения экспериментов.

Был разработан алгоритм и программное обеспечение на языке программирования Python для автоматического вычисления объёма цилиндра с учётом погрешности измерений диаметра и высоты цилиндра штангенциркулем. Разработанная программа содержит все этапы вычисления объёма цилиндра: расчёт диаметра и высоты измеренного цилиндра и погрешностей измерения. Результат работы программы – вычисление диаметра, высоты и объёма цилиндра в диапазонах с учётом погрешностей измерений. Применение данной методологии позволяет существенно оптимизировать процесс вычислений,

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

минимизировать вероятность возникновения ошибок и повысить общую достоверность полученных результатов.

Список используемых источников:

1. Лабораторный практикум по физике. Введение в практикум: Учебное пособие. Часть 1 / Под общей редакцией Леонтьева Н.Г. – Зерноград: АЧГАА, 2002. – 35 с.

2. Трофимова Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М.: ВШ, 1985, – § 4, 6, 16, 18.

3. Савельев И.В. Курс общей физики / И.В. Савельев. Т.1. – М.: Наука, 1987, – § 4, 5, 8, 9, 38, 39.

4. Яворский Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М.: ВШ, 1989. – § I.1.4, I.2.4, I.4.1, I.4.2, I.4.3.

5. Механика: лабораторный практикум / Составители: К.Н. Лоскутов, доцент; Ю.А. Барков, доцент; С.Д. Ляхова, ассистент; Т.Д. Марценюк, ассистент.; под общей ред. А.И. Цаплина, профессора. Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 54 с.

6. Математические основы решения задач в агроинженерии: учебное пособие. Ч. 1 / В.В. Серёгина, М.Н. Середина, Н.М. Удинцова, Д.В. Степовой, Т.В. Жидченко, Н.Н. Грачева, Н.Б. Руденко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2025. – 206 с.

7. Информатика и цифровые технологии [Электронный ресурс]: лабораторный практикум для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / Н.Б. Руденко, Н.Н. Грачева, В.Н. Литвинов, Е.В. Назарова, Т.В. Жидченко. – Электрон. дан. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО ДГАУ, 2022. – 382 с. – Режим доступа: Локальная сеть Библиотеки Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВО Донской ГАУ.

Цитирование: Егорова И.В., Петренко Н.В., Грачева Н.Н., Руденко Н.Б., Морозов Я.П. Обработка результатов измерений на примере нахождения объёма цилиндра с помощью языка программирования Python [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2026. – № 3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2026/3/st_343.pdf DOI: https://doi.org/10.51419/202163343.