

Обработка результатов по ЛР № 1 «Измерение физических величин и обработка результатов измерений»

Определить плотность предмета цилиндрической формы по результатам прямых многократных измерений.

Объект измерений – твёрдый металлический предмет цилиндрической формы.

Измерительные приборы:

- Штангенциркуль (измерение высоты). Цена деления основной шкалы 1 мм; цена деления нониуса 0,1 мм, приборная погрешность 0,05 мм
- Микрометр (измерение диаметра). Цена деления основной шкалы 1 мм; цена деления нониуса 0,01 мм, приборная погрешность 0,005 мм
- электронные весы. Приборная погрешность 0,01 г.

Масса измерена на электронных весах и составила _____ г.

Доверительную вероятность γ при выполнении лабораторной работы принимаем равной 0,95.

Таблица результатов измерений высоты цилиндра. Измерительный прибор – штангенциркуль.

№ изм.	h_i , мм	$\langle h \rangle$, мм	Δh_i , мм	$(\Delta h_i)^2$, мм ²	$s_{\langle h \rangle}$, мм	Δh_{cl} , мм	Δh_{np} , мм	Δh , мм	$\frac{\Delta h}{\langle h \rangle}$
1									
2									
3									
4									
5									
	Сумма			Сумма					

ВСКО $s_h =$ _____ мм

Таблица результатов измерений диаметра цилиндра. Измерительный прибор – микрометр.

№ изм.	D_i , мм	$\langle D \rangle$, мм	ΔD_i , мм	$(\Delta D_i)^2$, мм ²	$s_{\langle D \rangle}$, мм	ΔD_{cl} , мм	ΔD_{np} , мм	ΔD , мм	$\frac{\Delta D}{\langle D \rangle}$
1									
2									
3									
4									
5									
	Сумма			Сумма					

ВСКО $s_D =$ _____ мм

В таблицах в клетках со словами «сумма» нужно записать результат суммирования значений во всех клетках данного столбца и использовать эти суммы для соответствующих величин.

Если требуется записать конечный результат оцениваемого параметра $\langle \rho \rangle$ с тремя значащими цифрами, то результаты вычислений прямых измерений записываем с $(5 \div 6)$ значащими цифрами (в соответствии пунктами 10.3 и Е.3 ГОСТ Р 8.736-2011) и **не округляем**. (Аналогично, если требуется записать конечный результат оцениваемого параметра $\langle \rho \rangle$ с двумя значащими цифрами, то результаты вычислений прямых измерений записываем с $(4 \div 5)$ значащими цифрами и **не округляем**.) Все округления выполняются в конечных расчётах в последовательности:

- 1) сначала выполняется округление погрешности плотности $\Delta \rho$;
- 2) после этого выполняется округление среднего значения $\langle \rho \rangle$.

Последовательность и формулы обработки результатов измерений приведена для высоты.

1. В результате прямых измерений физической величины H (высоты цилиндра) получен конечный ряд из пяти значений h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 данной физической величины которая считается СВ).

2. По формуле:

$$\langle h \rangle = \frac{1}{5} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5) = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^n h_i$$

рассчитываем выборочное среднее $\langle h \rangle$, используя сумму во втором столбце.

3. По формуле:

$$s_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{4}}$$

рассчитываем выборочное среднеквадратичное отклонение s_h используя сумму в пятом столбце. Значение величины ВСКО s_h приведено не в таблице, записано ниже таблицы и используется для определения промахов в результатах измерения. Находим среди полученных значений h_1, h_2, h_3, h_4, h_5 наименьшее $h_{\min}$ и наибольшее $h_{\max}$ и используем **правило 3σ** для этих значений: если $h_{\min}$ или $h_{\max}$ не попадают в промежуток $|X - m| < 3\sigma$, то их отбрасываем, считая их **промахами**. Например, значение $h_{\min}$ таково, что $|h_{\min} - \langle h \rangle| / s_h \geq 3$, то его отбрасываем.

Повторяем по пунктам 2 и 3 вычисления выборочного среднего $\langle h \rangle$ и выборочного среднеквадратичного отклонения s_h для оставшихся результатов. Если оставшихся результатов менее трёх, проводим дополнительные новые измерения (добавляем в таблицу новое значение, не являющееся промахом) и по ним проводим указанные вычисления.

4. По формуле:

$$s_{<h>} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (h_i - \langle h \rangle)^2}{5 \cdot 4}} = \frac{s_h}{\sqrt{5}}$$

рассчитываем СО (стандартное отклонение – выборочное среднеквадратичное отклонение выборочного среднего) $s_{<h>}$, используя сумму в пятом столбце.

5. Выбираем доверительную вероятность $\gamma = 0,95$.

6. По таблице 1.6 при объёме выборки $n=5$ и доверительной вероятности $\gamma = 0,95$ находим значение параметра t_γ .

7. Определяем **случайную погрешность** измеряемой физической величины по формуле:

$$\Delta h_{cl} = t_\gamma s_{<h>}.$$

Полную погрешность (кратко – погрешность) прямого измерения высоты цилиндра определяем по формуле:

$$\Delta h = \sqrt{\Delta h_{cl}^2 + \Delta h_{np}^2} \text{ м. (в СИ единицы измерения длины – м).}$$

Указанную последовательность и формулы обработки результатов измерений высоты применяем для диаметра D . После вычислений (без округлений) средних выборочных и погрешностей величин, полученных прямыми измерениями (высота и диаметр) вычисляем среднее значение и погрешность плотности.

Среднее значение (без округлений) рассчитываем по формуле:

$$\langle \rho \rangle = \frac{4m}{\langle h \rangle \pi \langle D \rangle^2} \text{ кг/м}^3; \text{ (в СИ плотность измеряется – кг/м}^3\text{).}$$

Погрешность плотности рассчитываем (без округлений) по формуле:

$$\Delta \rho = \langle \rho \rangle \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \pi}{\pi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{\langle h \rangle}\right)^2 + 4\left(\frac{\Delta D}{\langle D \rangle}\right)^2} \text{ кг/м}^3$$

Выполняем **предварительную запись результата** (без округлений):

$$\rho = (\langle \rho \rangle \pm \Delta \rho) \cdot 10^k \text{ кг/м}^3.$$

Общий порядок 10^k и единицы измерения величины приводят в виде множителя за скобками.

После этого выполняем округление величин в предварительной записи результата измерений в следующей последовательности:

1) **сначала выполняется округление погрешности** плотности $\Delta \rho$.

Для этого определяем число значащих цифр, которые нужно оставить после округления погрешности $\Delta \rho$, (второе слагаемого в скобках предварительной записи результата измерений) в соответствии п. Е.2 ГОСТ Р 8.736-2011. При округлении использовать правило п. Е.5 ГОСТ Р 8.736-2011:

Приложение Е
(обязательное)

Правила округления при обработке результатов измерений

Е.1 Точность результатов измерений и точность вычислений при обработке результатов измерений должны быть согласованы с требуемой точностью получаемой оценки измеряемой величины.

Е.2 Погрешность оценки измеряемой величины следует выражать не более чем двумя значащими цифрами.

Две значащие цифры в погрешности оценки измеряемой величины сохраняют:

- при точных измерениях;
- если первая значащая цифра не более трех.

Е.3 Число цифр в промежуточных вычислениях при обработке результатов измерений должно быть на две больше, чем в окончательном результате.

Е.4 Погрешность при промежуточных вычислениях должна быть выражена не более чем тремя значащими цифрами.

Е.5 Сохраняемую значащую цифру в погрешности оценки измеряемой величины при округлении увеличивают на единицу, если отбрасываемая цифра неукзываемого младшего разряда больше либо равна пяти, и не изменяют, если она меньше пяти.

2) Затем выполняется округление среднего значения $\langle \rho \rangle$ (первое слагаемого в скобках предварительной записи результата измерений) в соответствии с п. 10.3 ГОСТ Р 8.736-2011: **последней справа** в записи среднего значения после округления оставляют цифру того разряда, который соответствует разряду последней сохранённой цифры в погрешности после её округления.

ГОСТ Р 8.736—2011

10 Форма записи оценки измеряемой величины

10.1 Оформление записи оценок измеряемых величин проводят в соответствии с правилами по межгосударственной стандартизации [2].

10.2 Округление при обработке результатов измерений выполняют в соответствии с приложением Е.

10.3 При симметричных доверительных границах погрешности оценку измеряемой величины представляют в форме

$$\bar{x} \pm \Delta, P, \quad (17)$$

где $\bar{x}$ — оценка измеряемой величины.

Числовое значение оценки измеряемой величины должно оканчиваться цифрой того разряда, что и значение погрешности Δ .

3) Окончательно записать $\rho = (\langle \rho \rangle \pm \Delta \rho) \cdot 10^k \text{ кг/м}^3$ с учётом выполненных округлений. Общий порядок и единицы измерения величины приводят за скобками – стандартная форма записи.