

Лекция. ПОГРЕШНОСТИ. ИЗМЕРЕНИЯ

Е.В. Феськова,
канд. пед. наук, доцент кафедры «Инженерный бакалавриат CDIO»

Красноярск 2022

ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путём с помощью специальных технических средств

Измерение – совокупность операций для определения отношения одной измеряемой величины к другой однородной величине, принятой за единицу

Измерением называется сравнение измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу измерения – эталон

ИЗМЕРЕНИЯ

Измерение подразумевает сравнение величин или включает счет объектов. Измеряемая величина может быть соотнесена с другой эталонной величиной, принятой за единицу измерения

Эталон — средство измерений (или комплекс средств измерений), обеспечивающее воспроизведение, а также передачу её размера и утверждённое в качестве образца в установленном порядке

Точность измерений – характеристика, отражающая близость результатов измерений к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерений соответствует малым погрешностям результата

Результат измерения – значение величины, полученное путем её измерения

ИЗМЕРЕНИЯ

1136 г. Великий Новгород –
утверждён устав «О церковных
судах, и о людях, и о мерах
торговли»



Эталоны торговли: пуд медовый,
гривенка рублевая, локоть Иваньский



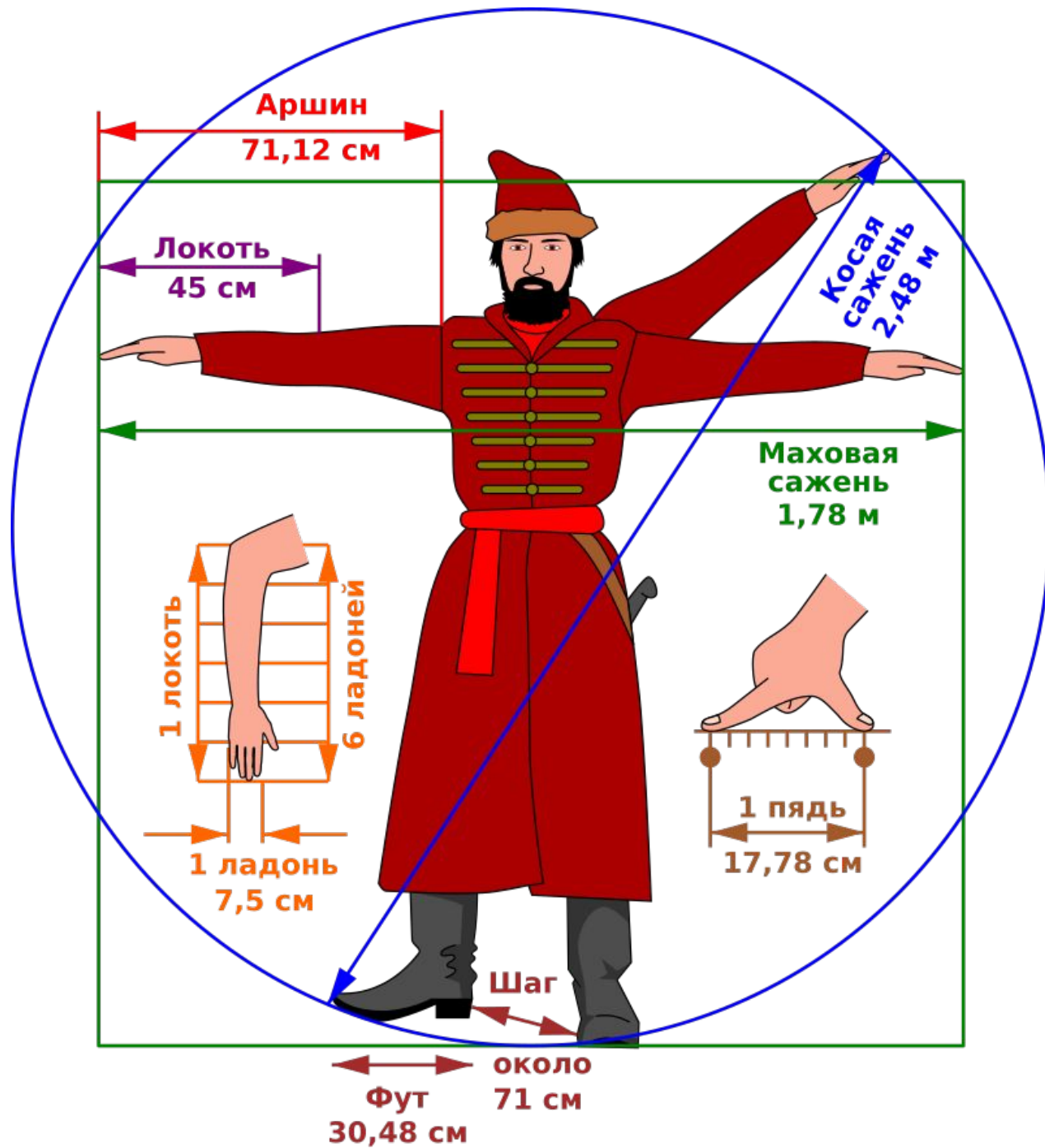
Берковец – 10 пудов =
400 фунтов = 163,8 кг
= 400 гривен
1 пуд = 16 кг



гривенка рублевая



локоть Иваньский



ИЗМЕРЕНИЯ

Конец XIX века царская Россия – создана Главная палата мер и весов, заказаны в Англии государственные эталоны длины и массы, согласованные с международными

С развитием науки и техники появились эталоны: частоты, времени, температуры, напряжения и т. д..
Повышалась точность имеющихся эталонов. Метр в настоящее время определён как длина пути, проходимого светом в вакууме за $(1 / 299\,792\,458)$ секунды

ИЗМЕРЕНИЯ



ИЗМЕРЕНИЯ (по видам)

```
graph TD; A[ИЗМЕРЕНИЯ (по видам)] --> B[Прямые]; A --> C[Косвенные]; A --> D[Совместные];
```

Прямые

измерение, выполнимые с помощью измерительных приборов. Например, измерение длины линейкой, промежутка времени секундомером, силы тока амперметром, напряжения вольтметром, температуры термометром и т.д. Значение величины находят как непосредственное показание прибора

Косвенные

измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости этой величины от других величин, полученных прямым измерениям. Например, измерение мощности, нахождение плотности однородного тела, расчет скорости тела

Совместные

измерения позволяют получать пары чисел, необходимые для построения графиков. Например, для данного сопротивления электрической цепи каждому значению напряжения соответствует свое значение силы тока.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

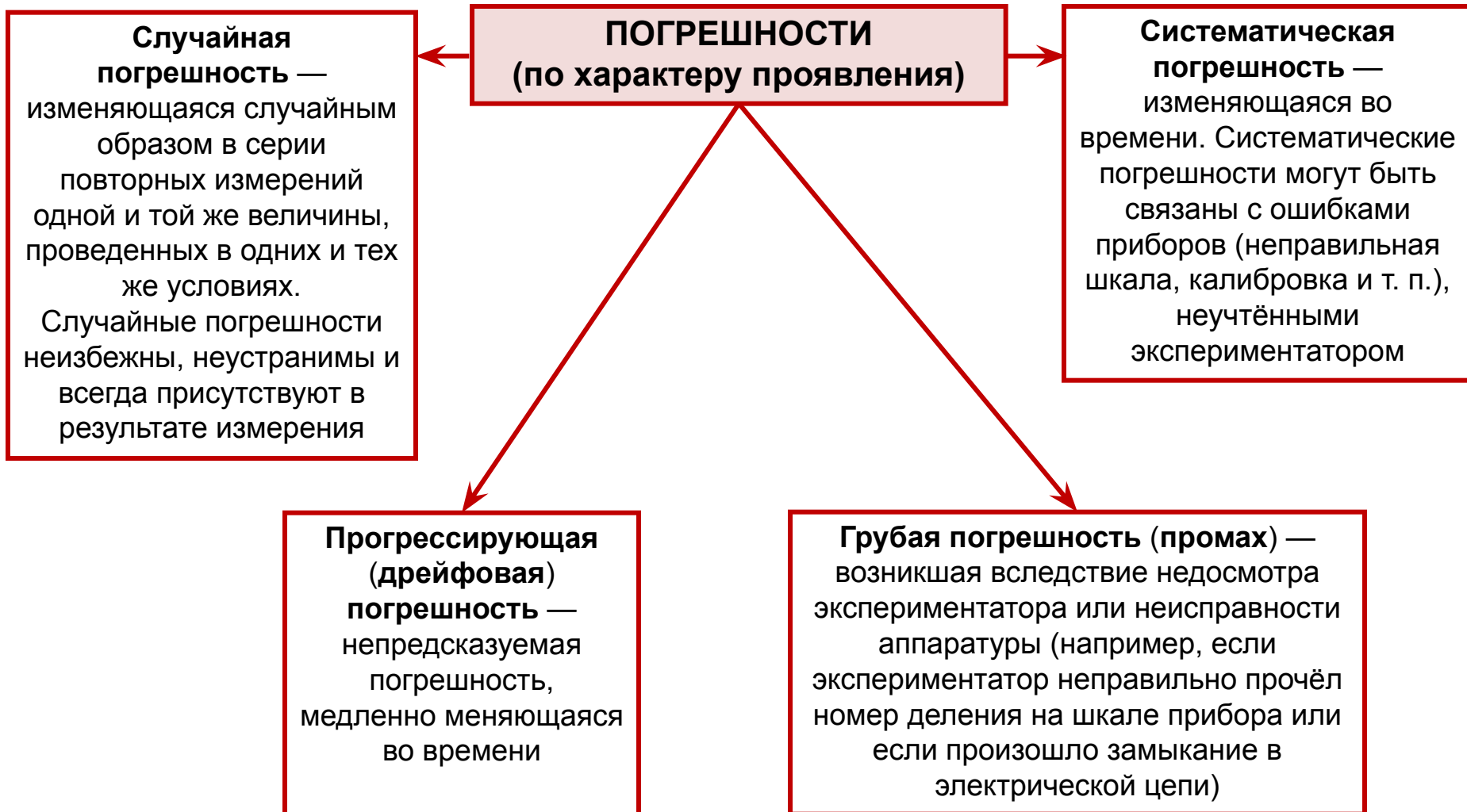
Погрешность – отклонение измеряемой величины от истинной

Задача измерений - получить искомую величину, указать границы её возможных значений и вероятность попадания её в эти границы

Причины возникновения погрешностей:

1. непостоянство внешних условий;
2. неточность приборов измерения;
3. неполное соответствие объекта модели;
4. неточность метода измерений;
5. некорректные действия со стороны экспериментатора.

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ



ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ



ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

ПОГРЕШНОСТИ (по форме представления)

Абсолютная погрешность является оценкой абсолютной ошибки измерения.

абсолютная погрешность не отражает качества измерений

Приведенная погрешность - равна отношению абсолютной погрешности к предельному значению величины, которую можно измерить по шкале данного прибора

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{норм}} 100\%$$

$x_{норм}$ = пределу измерения прибора

По величине приведенной погрешности приборы делят на классы точности

Относительная погрешность — отношение абсолютной погрешности измерения к опорному значению измеряемой величины, в качестве которого может выступать, в частности, её истинное или действительное значение

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} 100\%$$

относительная погрешность показывает — на сколько процентов мы ошиблись при проведении измерений

ПОГРЕШНОСТИ

Деление шкалы прибора – это промежуток между двумя соседними отметками штрихами шкалы

Цена деления шкалы – это значение измеряемой величины, соответствующее одному делению

$$C = \frac{A}{n}$$

A – диапазон шкалы; n – число делений в данном диапазоне

Чем меньше цена деления на шкале прибора, тем меньше абсолютная погрешность результата измерения.

Цена деления и абсолютная погрешность численно не равны.

Это объясняется тем, что точность измерения зависит не только от цены деления, но и от других причин

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Провести n измерений искомой величины x . Составить таблицу измеренных величин x_n

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$$

2. Найти среднее значение измеренных величин:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad n - \text{число измерений}$$

3. Определить разности $(x_n - \bar{x})$, возвести каждую разность в квадрат и найти сумму квадратов этих разностей:

$$(x_n - \bar{x})^2$$

4. Определить абсолютную погрешность Δx по формуле:

$$\Delta x = t_\alpha \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad n - \text{число измерений}$$

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Значение коэффициента Стьюдента t_α берется из таблицы с доверительной вероятностью (например, $\square = 0,95$).

Значение коэффициента Стьюдента t_α зависит от числа измерений и абсолютной погрешности

КОЭФФИЦИЕНТЫ СТЬЮДЕНТА					
Число измерений	Доверительная вероятность				
	0,1	...	0,9	0.95	0.99
1			6.314	12.706	63.619
3			2.353	3.182	5.841
...					
5			2.015	2.571	4.032
10			1.812	2.228	3.169

Поправочный коэффициент t_α , предложен английским математиком Госсетом (псевдоним – Стьюдент)

Для лабораторных работ $\alpha=0,95$ или 95% т.е. 95% результатов от общего числа учтено в представленном ответе

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

6. Вычислить относительную погрешность

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\bar{x}} 100\%$$

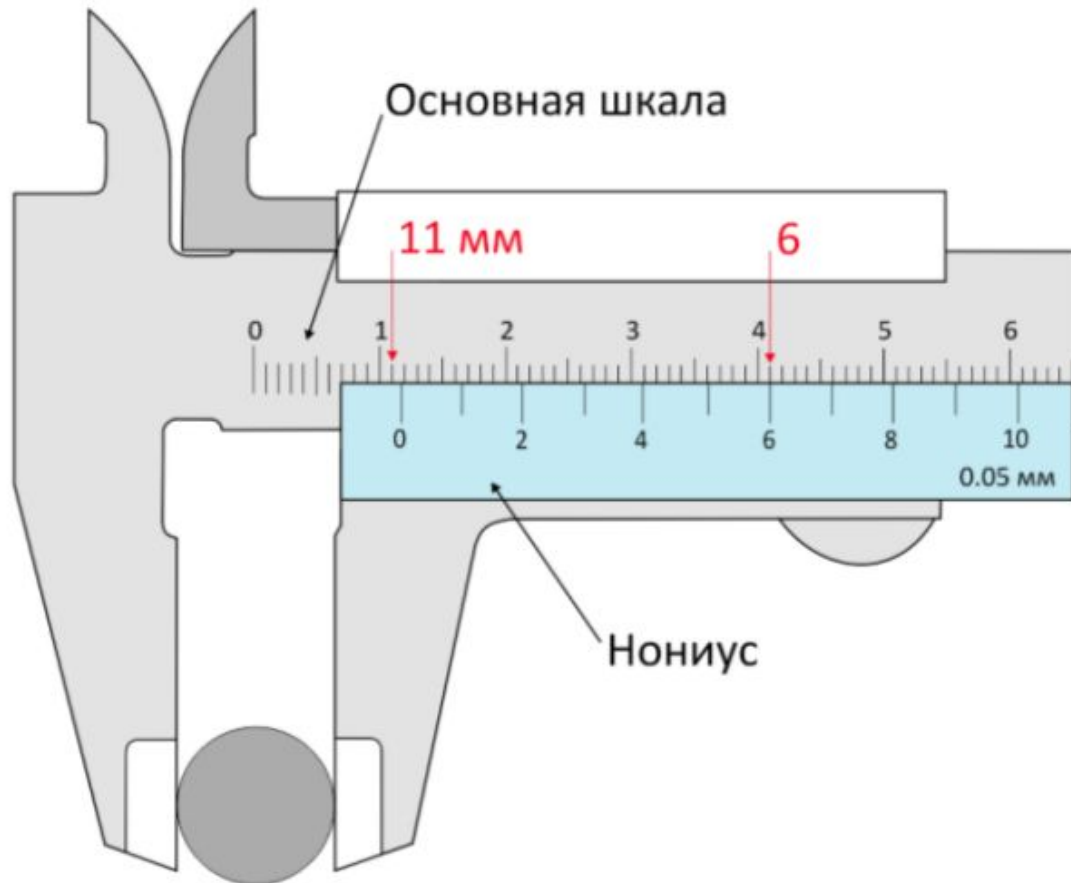
7. Запись результата

$$(\bar{x} - \Delta x) \div (\bar{x} + \Delta x); \quad \alpha = \dots\dots; \quad n = \dots\dots; \quad \varepsilon = \dots\dots\%$$

\bar{x} – среднее значение; полуширина доверительного интервала Δx ; α - доверительная вероятность; ε - относительная погрешность.

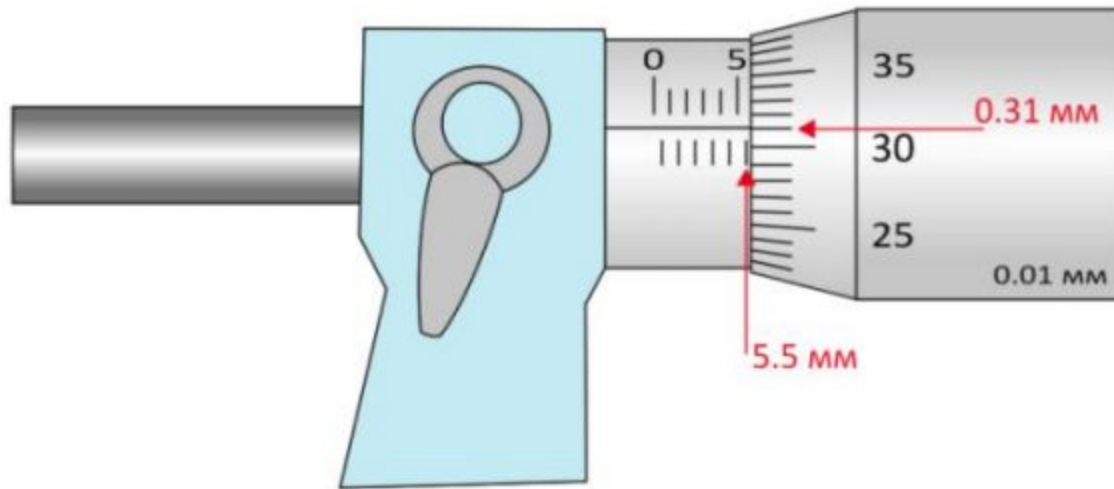
ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

Для измерения линейных размеров предмета с помощью штангенциркуля его зажимают между клювовидными выступами



$$\text{Итог} = 11 \text{ мм} + 6 \cdot 0.05 \text{ мм} = 11 \text{ мм} + 0.3 \text{ мм} = 11.3 \text{ мм}$$

МИКРОМЕТР



$$\text{Итог} = 5.5 \text{ мм} + 31 \cdot 0.01 \text{ мм} = 5.81 \text{ мм}$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Определение плотности тела цилиндрической формы известной массы

Цель работы: косвенное измерение плотности материала тела.

Оборудование: измеряемое тело, штангельциркуль, весы.

Порядок выполнения работы

1. Измерить высоту/ диаметр внешний/ диаметр внутренний цилиндра штангенциркулем (5-7 раз).
2. Вычисляем среднее значение высоты/ диаметра внешнего/ диаметра внутреннего цилиндра:

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i$$

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

3. Определить разности, возвести каждую разность в квадрат и найти сумму квадратов этих разностей:

$$(h_n - \bar{h})$$

$$(D_n - \bar{D})$$

$$(d_n - \bar{d})$$

$$(h_n - \bar{h})^2$$

$$(D_n - \bar{D})^2$$

$$(d_n - \bar{d})^2$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Определение плотности тела цилиндрической формы известной массы

4. Результаты измерений и значения погрешностей измерений занести в таблицу.

№	h, см	$(h_n - \bar{h})^2$	D, см	$(D_n - \bar{D})^2$	d, см	$(d_n - \bar{d})^2$
1						
2						
3						
4						
5						
t□	\bar{h}	$\sum (h_n - \bar{h})^2$	\bar{D}	$\sum (D_n - \bar{D})^2$	\bar{d}	$\sum (d_n - \bar{d})^2$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Определение плотности тела цилиндрической формы известной массы

5. Определить абсолютную погрешность Δx по формуле высоты/ диаметра внешнего/ диаметра внутреннего цилиндра:

$$\Delta h = t_{\alpha} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}} \text{ измерения; } - \text{ число измерений}$$

$$\Delta D = t_{\alpha} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n(n-1)}} \text{ измерения; } - \text{ число измерений}$$

$$\Delta d = t_{\alpha} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} \text{ измерения; } - \text{ число измерений}$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Определение плотности тела цилиндрической формы известной массы

6. Вычислить относительную погрешность высоты/ диаметра внешнего/ диаметра внутреннего цилиндра

$$\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{\bar{h}} 100\% \quad \varepsilon_D = \frac{\Delta D}{\bar{D}} 100\% \quad \varepsilon_d = \frac{\Delta d}{\bar{d}} 100\%$$

Запись результата

$$(\bar{h} - \Delta h) \div (\bar{h} + \Delta h); \quad \alpha = \dots\dots\dots; \quad n = \dots\dots\dots; \quad \varepsilon = \dots\dots\dots\%$$

$$(\bar{D} - \Delta D) \div (\bar{D} + \Delta D); \quad \alpha = \dots\dots\dots; \quad n = \dots\dots\dots; \quad \varepsilon = \dots\dots\dots\%$$

$$(\bar{d} - \Delta d) \div (\bar{d} + \Delta d); \quad \alpha = \dots\dots\dots; \quad n = \dots\dots\dots; \quad \varepsilon = \dots\dots\dots\%$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.

Определение плотности тела цилиндрической формы известной массы

Выводы:

1. Изучили теорию погрешностей.
2. Проведен расчет абсолютной погрешности высоты/ диаметра внешнего/ диаметра внутреннего цилиндра.
3. Научились проводить измерения штангенциркулем