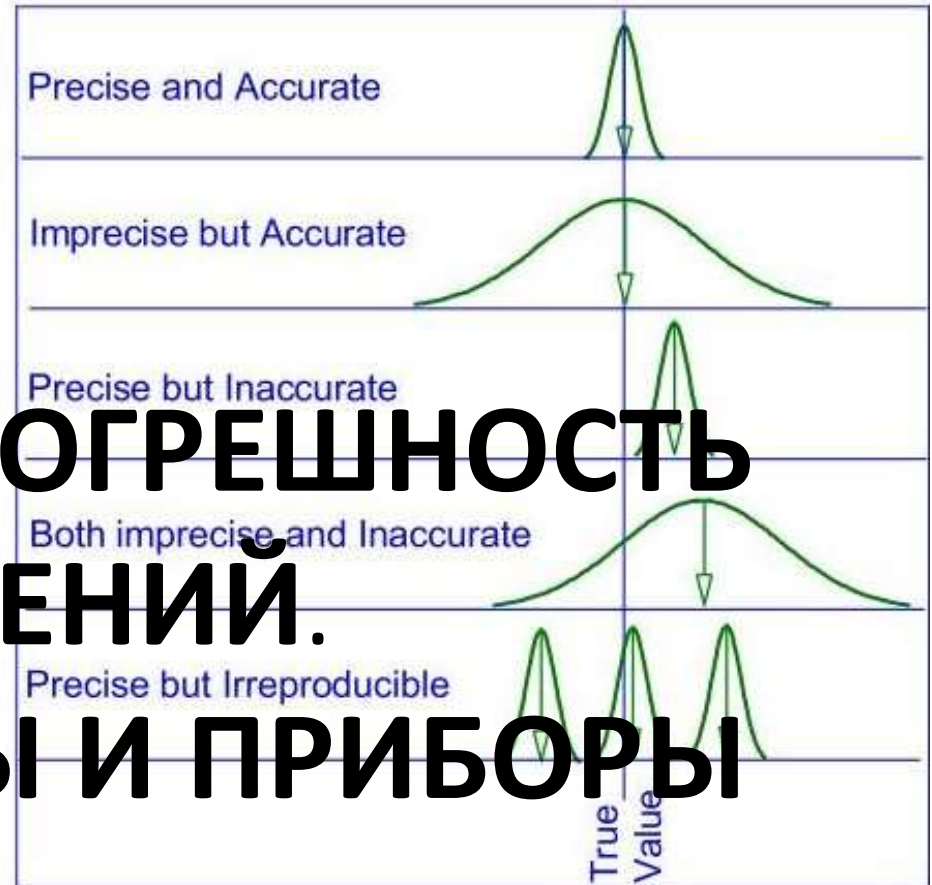


ТОЧНОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ.

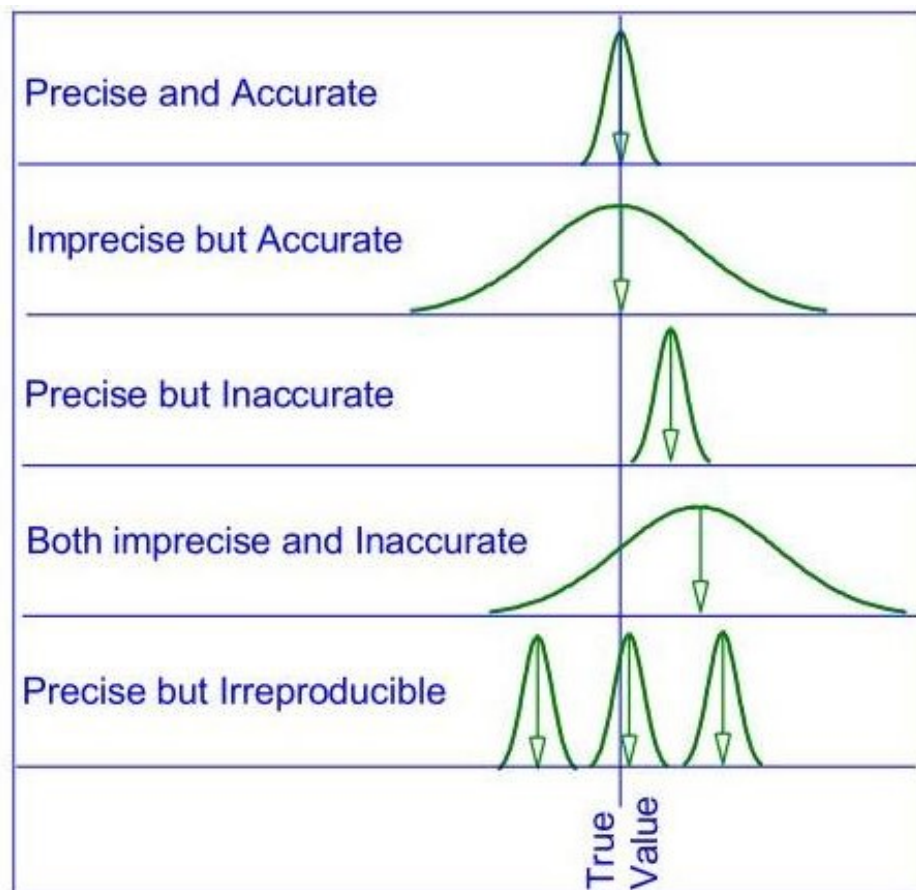


ИНСТРУМЕНТЫ И ПРИБОРЫ



Accuracy, Precision and Reproducibility

1. ТОЧНОСТЬ И ПОГРЕШНОСТЬ



Accuracy, Precision and Reproducibility

- Точное значение (Accurate) – среднее из неопределенного числа правильных измерений

На практике – ограниченная выборка

- Виды погрешностей
 - Случайная
 - Систематическая
 - Невоспроизводимые результаты

Причины ошибок

- 1) Систематические ошибки
 - Ошибки метода измерений
 - Измеряем не то, что нужно
 - Ошибки калибровки инструмента (обломанный конец рулетки, рулетка низкой точности, напр. мягкая; деформация шаблонов, температурная деформация, неучет нелинейности калибровки)
 - Ошибки (недостаточная квалификация) мерителя
- 2) Случайные ошибки:
 - Ошибки считывания показаний, ошибки записи
 - Недостаточная точность инструмента
 - Ошибки округления или расчета
 - Нестабильные условия измерений
- 3) Невоспроизводимость результата
 - Ошибка метода измерений

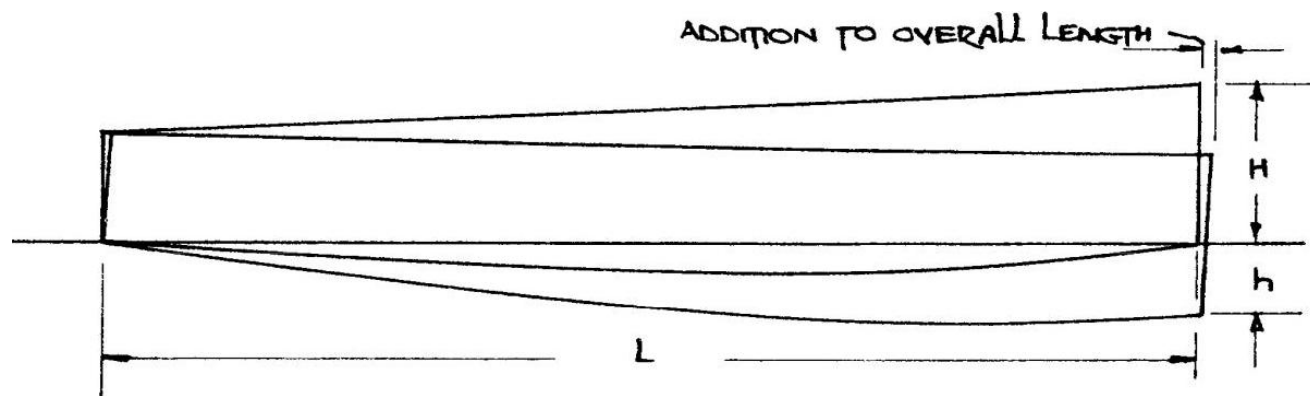
1.1 Систематические ошибки

а) Ошибки метода измерений

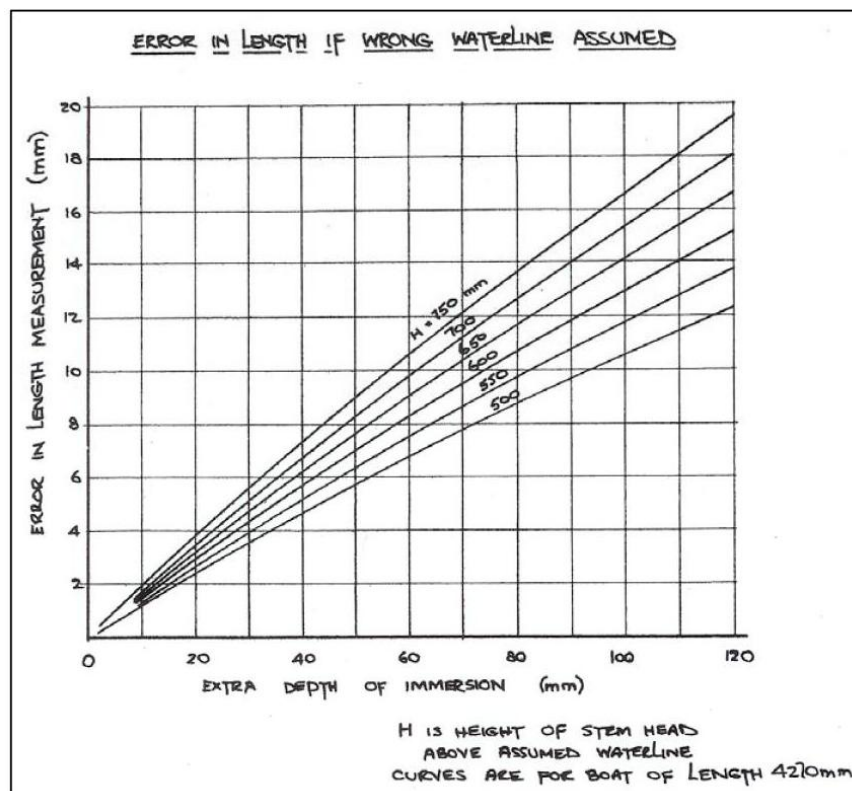


б) Измеряем не то, что нужно

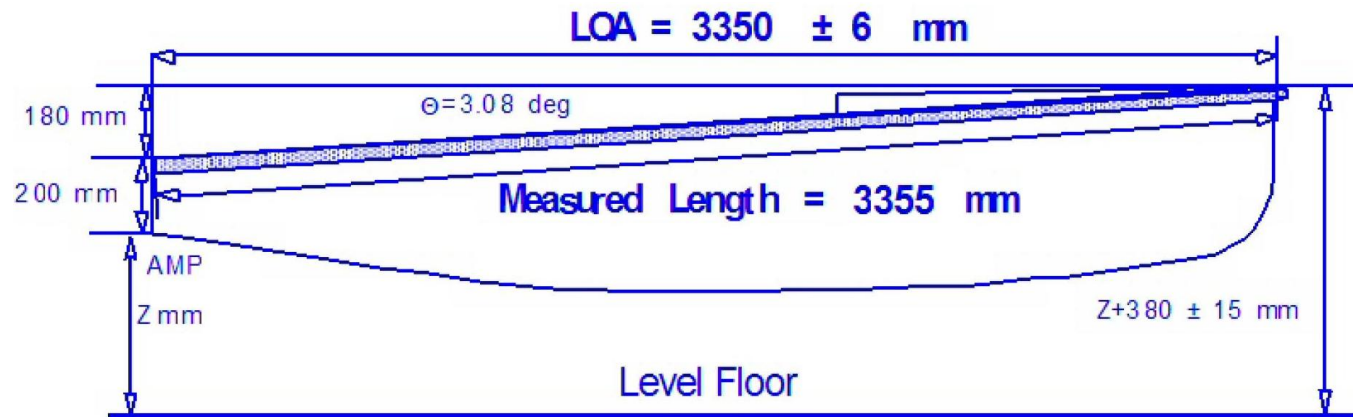
- Неверный дифферент при обмере



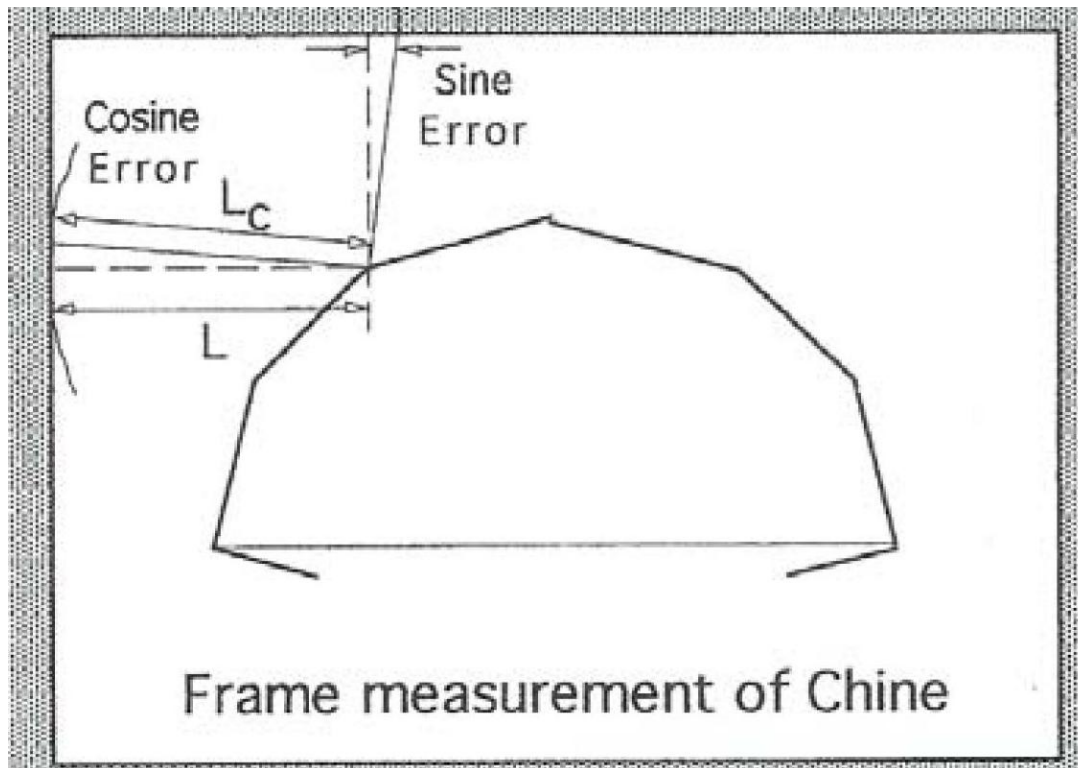
Базовая плоскость
должна быть
параллельна ВЛ

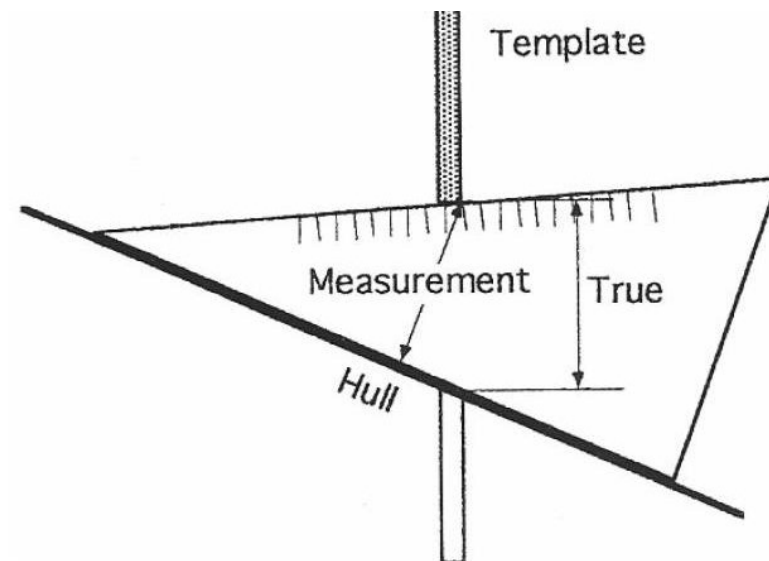
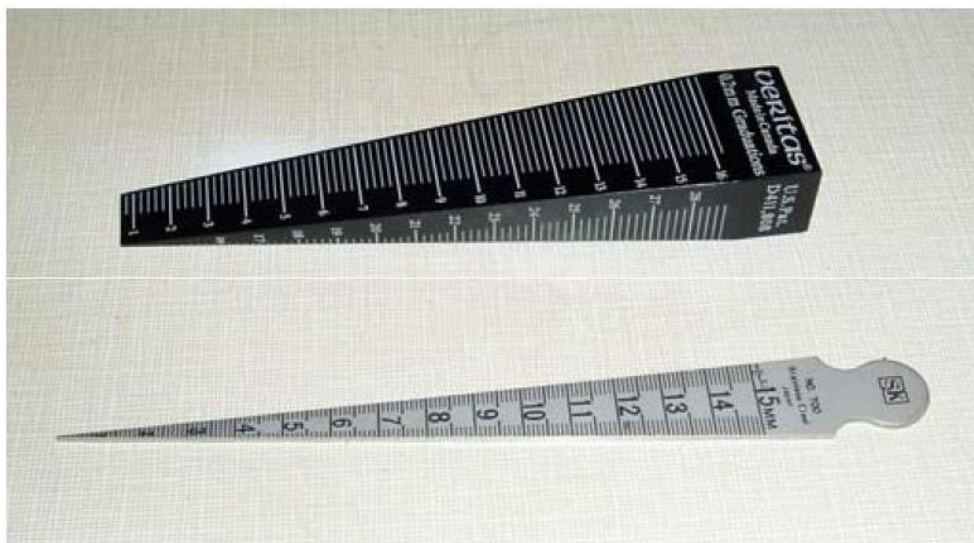


- Измерение не параллельно главным осям

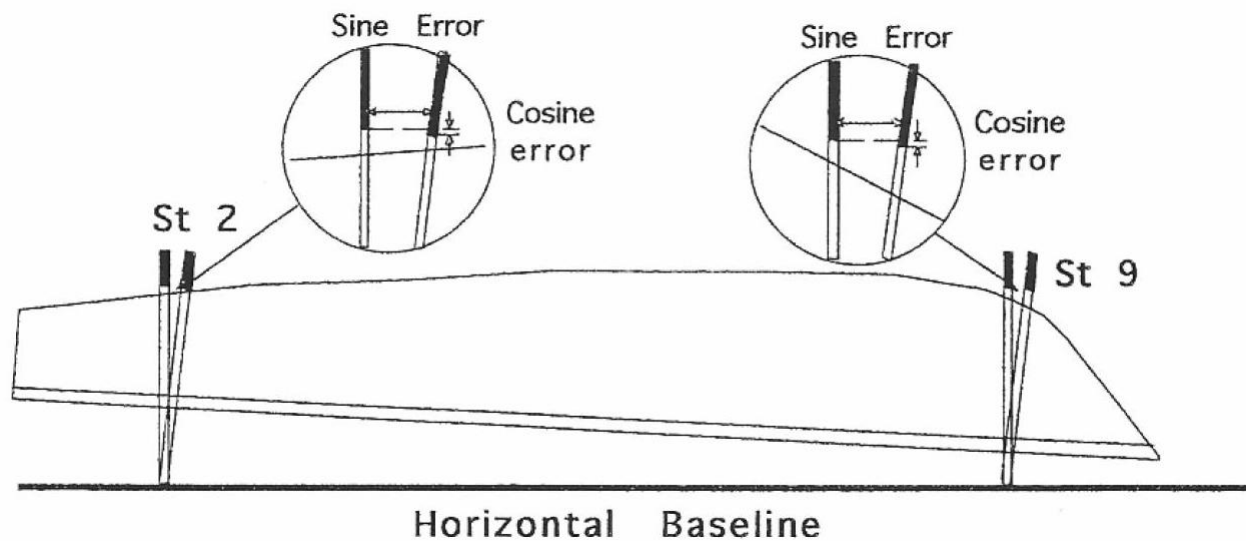


Измерение вдоль палубы вместо базовой плоскости

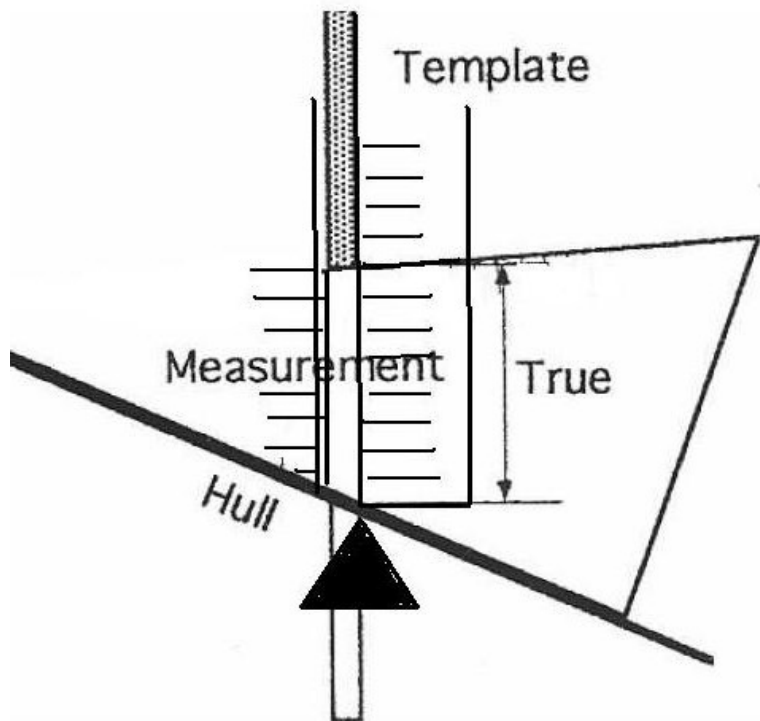




Измерение перпендикулярно поверхности
вместо измерения в плоскости шаблона

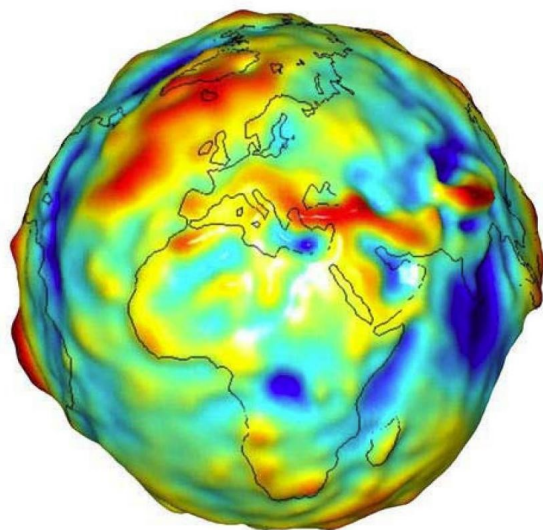


Переко
шаблонов

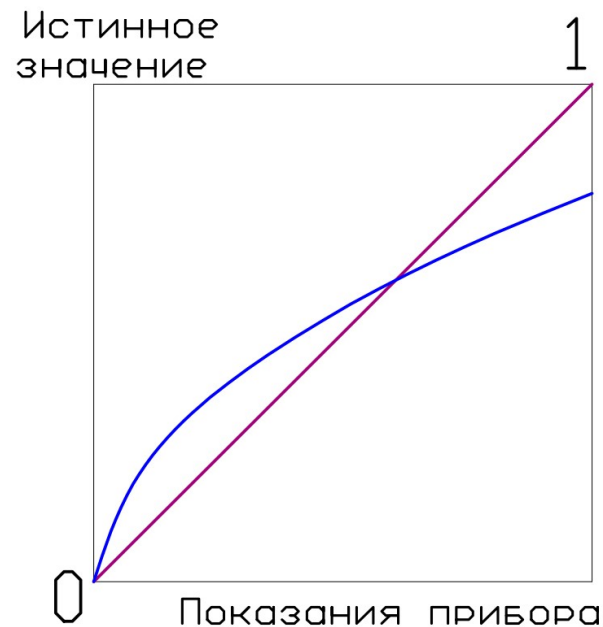


Линейка приложена с неверной стороны шаблона

в) Ошибки калибровки инструмента

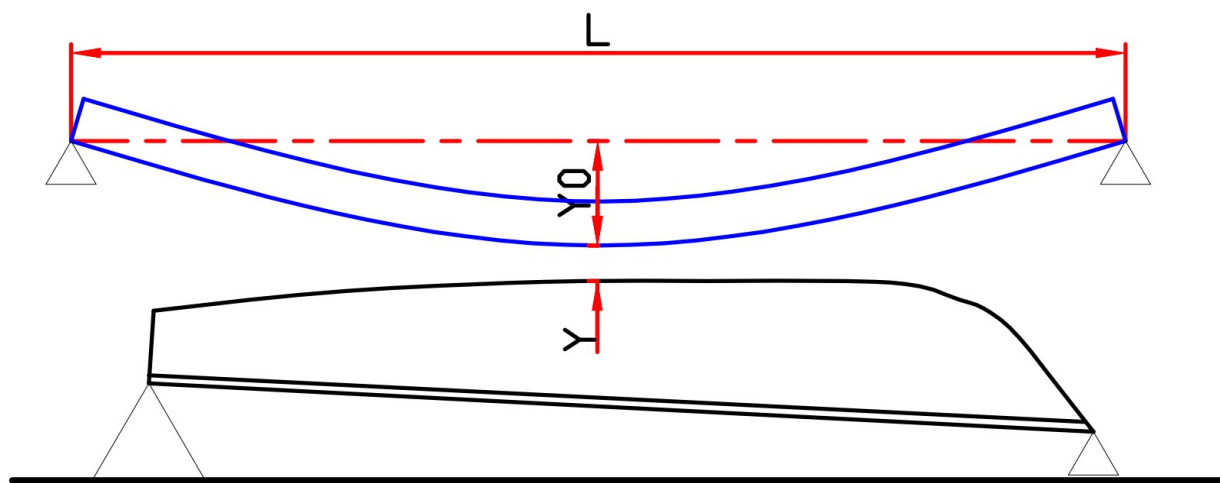


- Нелинейность калибровки прибора (напр. весов)



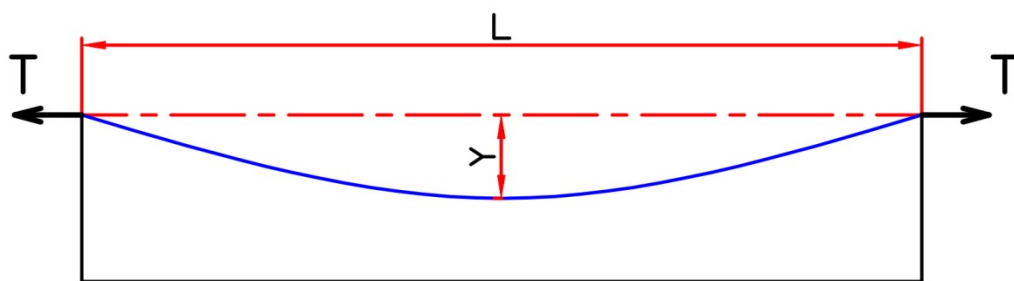
Place	Latitude Degrees	Gravity N/kg	Correction gms/kg	Place	Latitude Degrees	Gravity N/kg	Correction gms/kg
North Pole	90.000	9.832	-2.09	San Francisco	37.872	9.800	1.20
Helsinki	60.170	9.819	-0.79	Quingdao	36.095	9.798	1.35
Malmö	55.722	9.816	-0.42	Long Beach	33.889	9.797	1.54
Kiel	54.378	9.815	-0.30	San Diego	32.806	9.796	1.63
Medemblik	52.789	9.813	-0.16	Miami	25.815	9.790	2.18
Southampton	50.992	9.812	0.00	Dubai	25.271	9.790	2.22
Vancouver	49.331	9.810	0.15	Acapulco	16.867	9.785	2.74
Trieste	45.654	9.807	0.49	Singapore	1.308	9.781	3.17
Halifax	45.086	9.806	0.54	Equator	0.000	9.780	3.18
Kingston	44.233	9.806	0.62	Rio de Janeiro	23.033	9.788	2.37
Hyerès	43.219	9.805	0.71	Sydney	33.935	9.797	1.54
Marblehead	42.510	9.804	0.78	Capetown	33.961	9.797	1.54
Palma de Majorca	39.608	9.801	1.04	Melbourne	37.972	9.800	1.19
Annapolis	39.044	9.801	1.09	Wellington	41.345	9.803	0.88

- Ошибка начального отсчета



- Провисание балки

Двутавр 100 мм
(сталь, Al) $L = 5$ м -
 $Y \approx 2$ мм (у других
профилей больше)



Провисание ленты под собств.весом:

Если $L = 5$ м, $T = 5$ кг

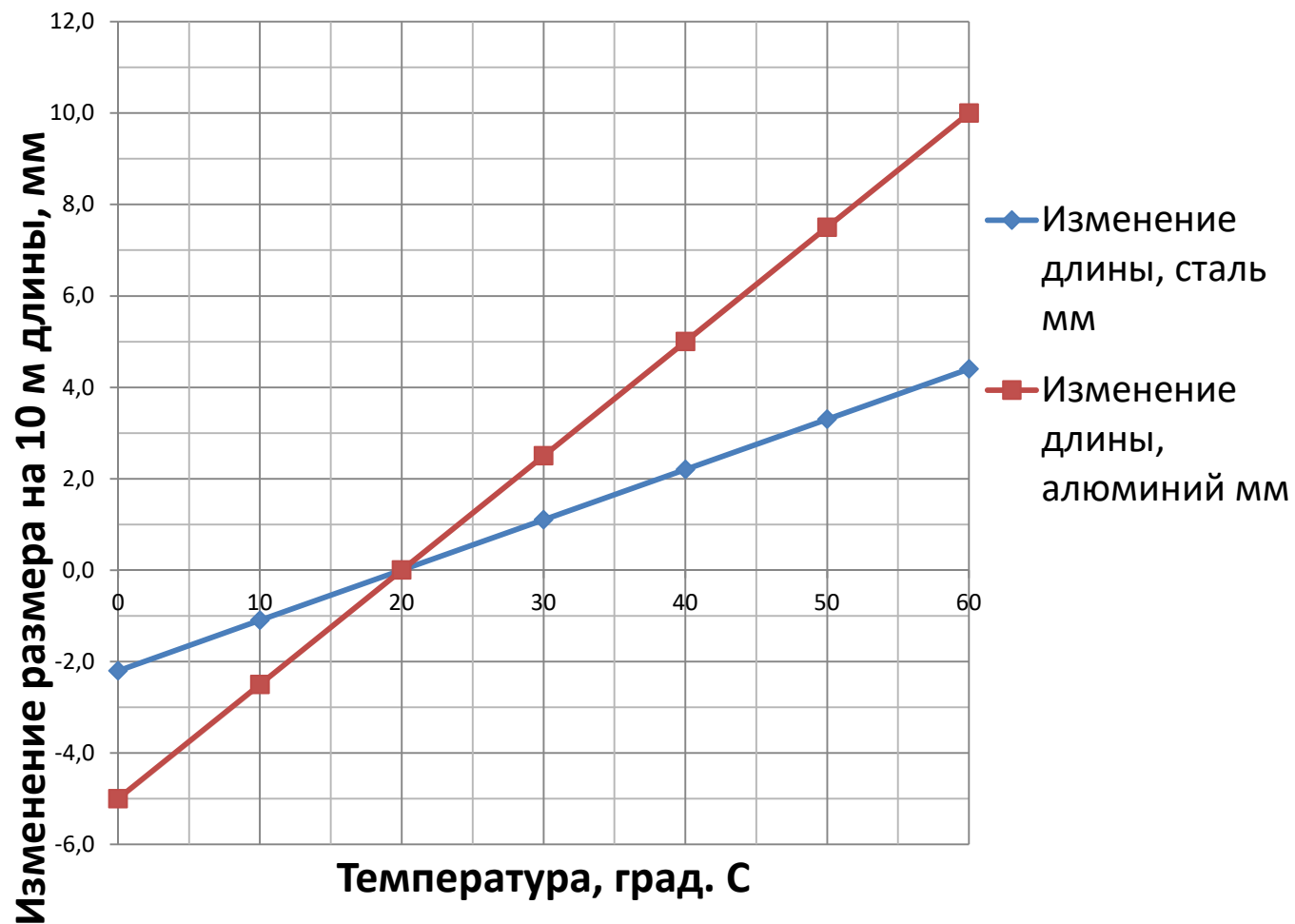
То $Y \approx 10$ мм, $\delta L \approx 0,1$ мм

При измерении рулеткой

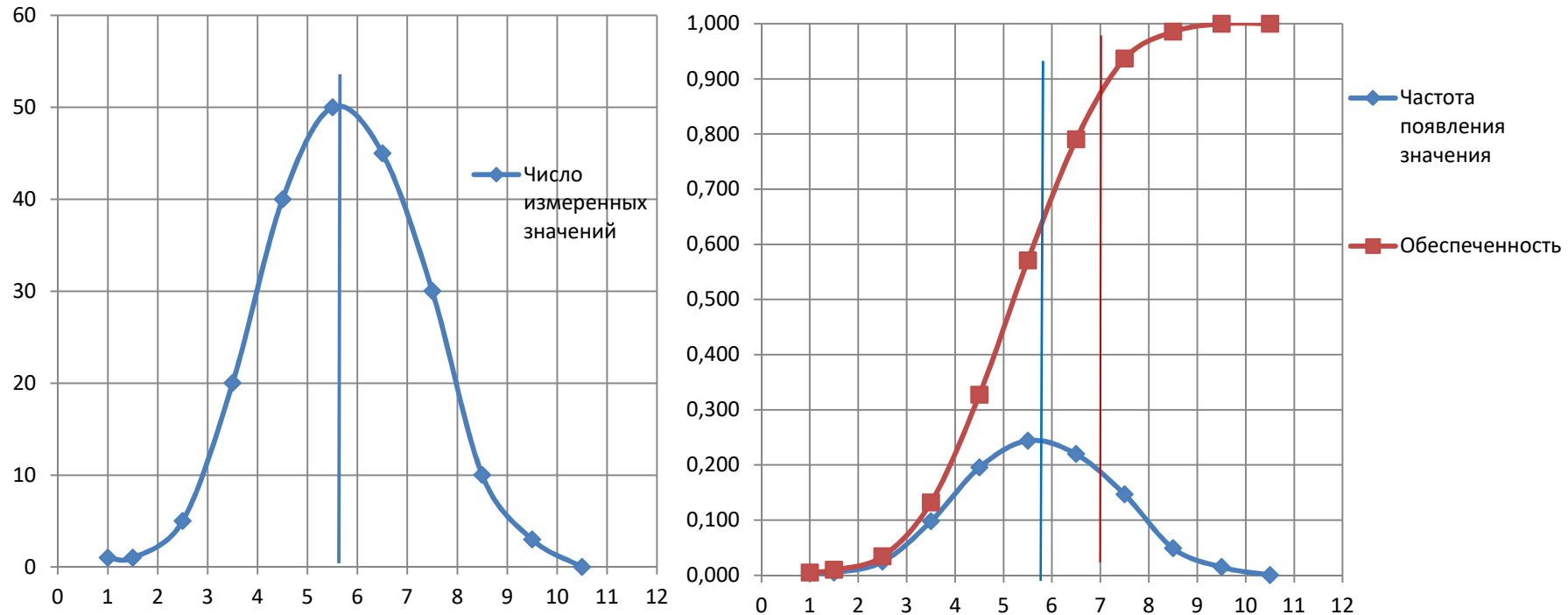
- Ошибка начального отсчета (обломан или смещен конец рулетки)
- Натяжение рулетки: тарировка при натяжении 5 кг при т-ре 20 С
- Провисание рулетки или отклонение при ветре
- Постоянный изгиб (перекручивание) рулетки
- Температурное расширение

Температурное расширение

Изменение размера при температурном расширении

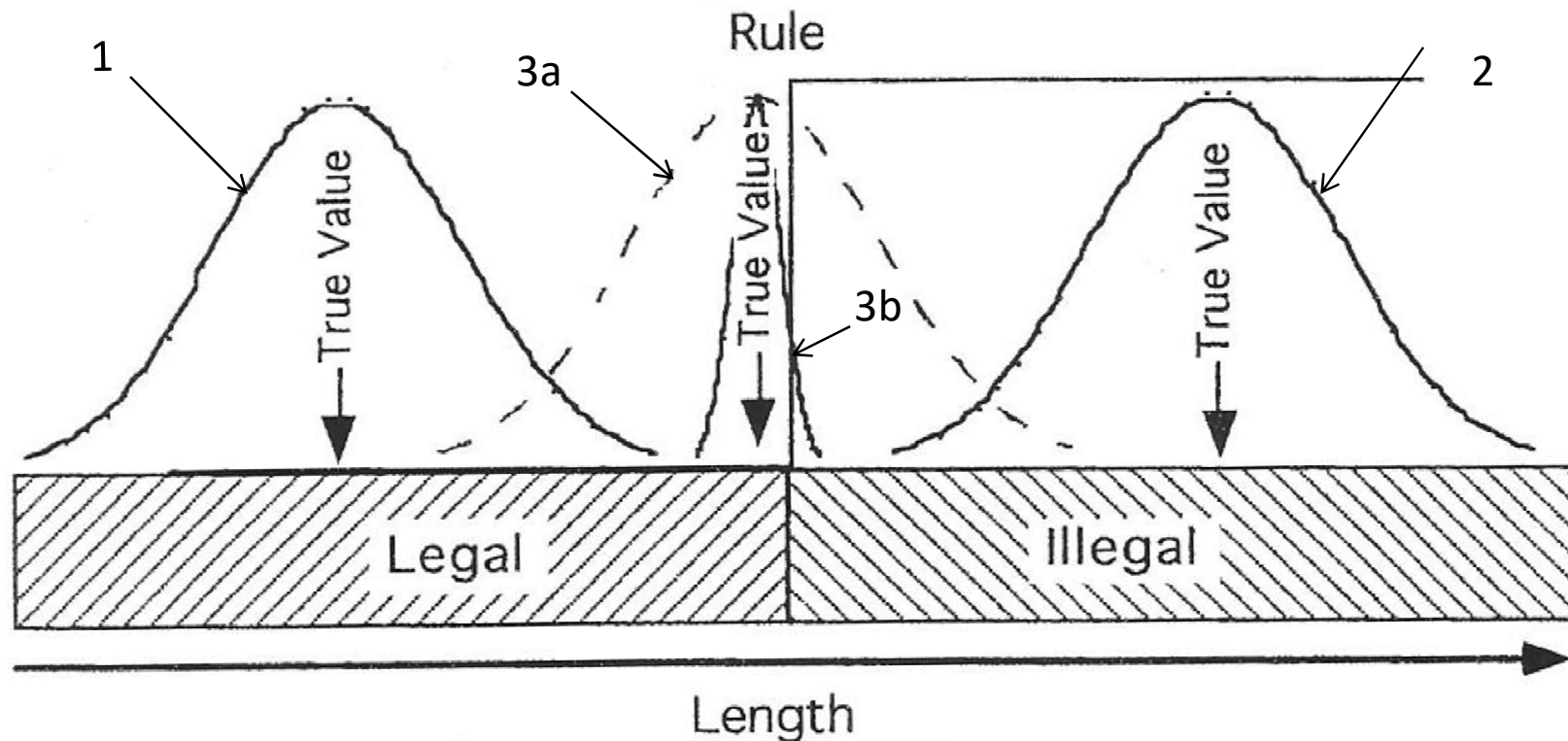


Случайные ошибки



- Норматив $X=7,0$
- Среднее измеренное значение $X=5,7$
- С вероятностью 0,65 точное значение не больше $X=5,7$
- С вероятностью 0,88 точное значение не больше норматива

Неопределенность результата и ее устранение



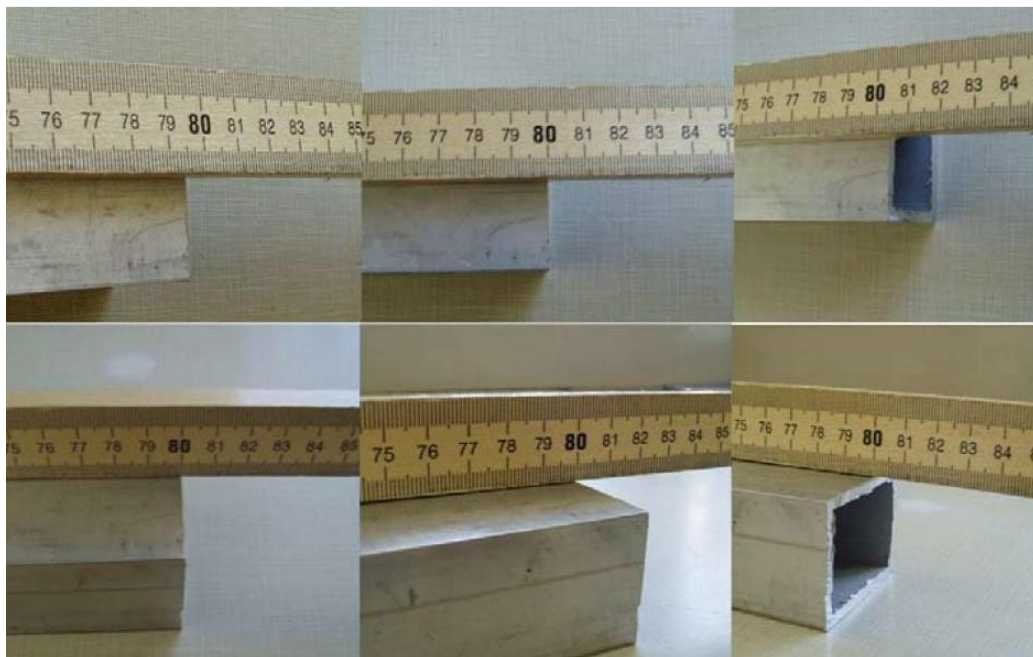
1- измеренное значение явно в легальной зоне

2 - измеренное значение явно в запретной зоне

3 а – положение неопределенности

3b – разброс измерений уменьшен путем изменения методики измерений (рулетка более высокого класса, предварительное натяжение рулетки, смещение начала отсчета и т.д.)

а) Ошибки считывания показаний



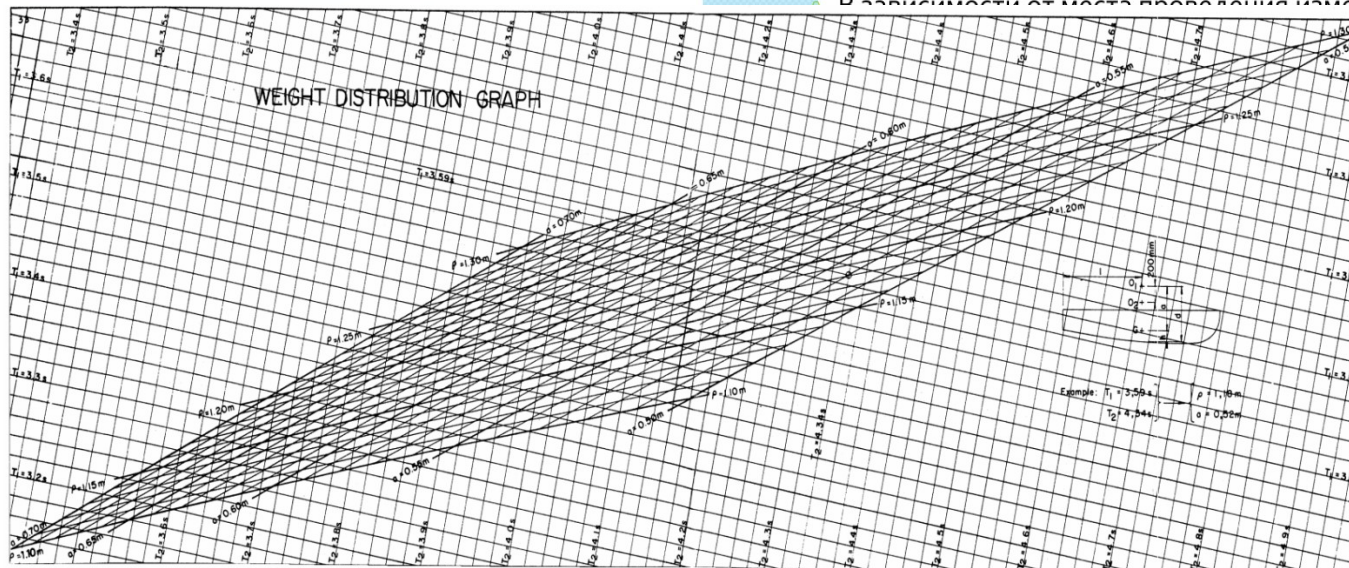
- Параллакс

Тест Lamboleу - Характерный пример испытания, ОЧЕНЬ чувствительного к внешним условиям!!!



Элементы, влияющие на воспроизводимость

- Трение в точке вращения
 - Применяются лезвия с твердосплавной кромкой
- Жесткость конструкции крепления точек вращения
 - Массивная жесткая конструкция
 - Должно крепиться на неподвижном жестком основании (бетонный или земляной пол, деревянные конструкции и пол нежелательны)
- Движение воздуха
 - Измерения должны проводиться в закрытом помещении, защищенном от сквозняка и других движений воздуха
- Вода в корпусе
 - Свободное движение воды в корпусе (баках непотопаемости) приводит к невоспроизводимости результатов
- Правильно взятое значение ускорения свободного падения g
 - В зависимости от места проведения измерения g может отличаться



2. ИНСТРУМЕНТЫ

- Инструментальные ошибки
 - Погрешность калибровки прибора
 - Погрешность измерения

Рулетки



Рулетки (классы и погрешность)

Рулетки	Погрешность калибровки $e = a + b \times L$		
Класс точности JIS (BSN)	a	b	e (L=10 m)
I	0,1	0,1	1,1
II	0,3	0,2	2,3
III	0,6	0,4	4,6

Рулетки	Ошибки измерения $h = 2 \times e$ (мм) на измеряемой длине L (м)						
	1	2	3	4	5	6	10
Класс точности JIS (BSN)							
I	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	2,2
II	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3	4,6
III	2,0	2,8	3,6	4,4	5,2	6	9,2

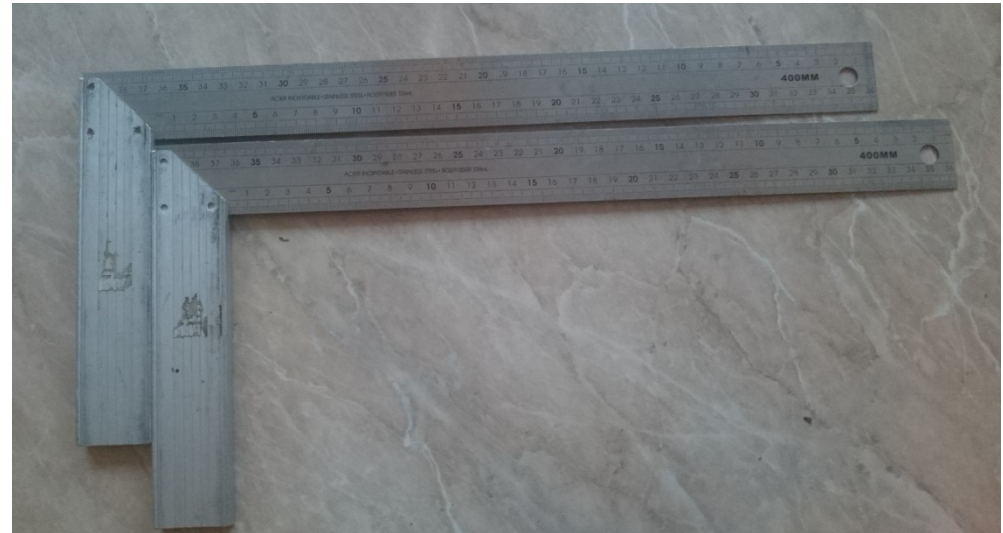
Штанген-циркули, крон-циркули, микрометры



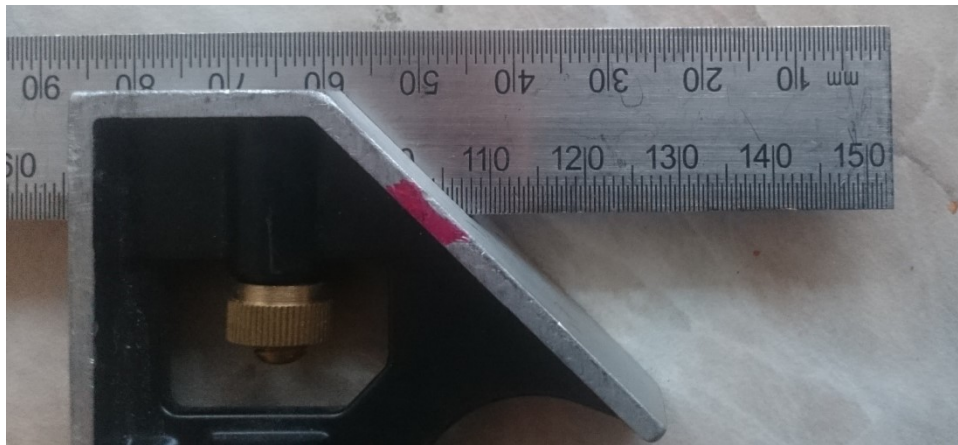
Погрешность калибровки

Класс точности DIN 3650/ Измеряемая длина, мм	< 10	10 - 25	25 - 50	50 - 75	75 - 100
Class 00	+/- 0,06	+/- 0,07	+/- 0,10	+/- 0,12	+/- 0,14
Class 0	+/- 0,12	+/- 0,14	+/- 0,20	+/- 0,25	+/- 0,30
Class 1	+/- 0,20	+/- 0,30	+/- 0,40	+/- 0,50	+/- 0,60
Class 2	+/- 0,45	+/- 0,60	+/- 0,80	+/- 1,00	+/- 1,20

Линейки, угольники, калибры

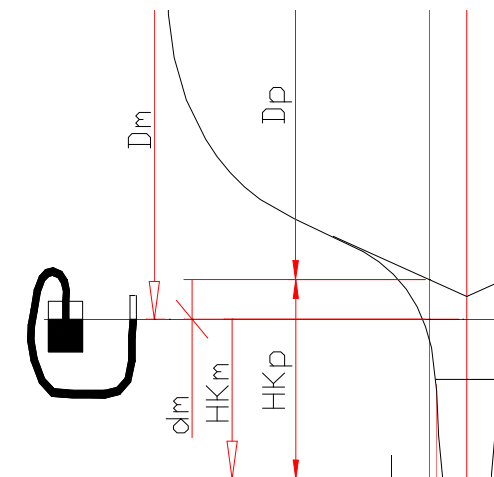


- Обычно используются линейки и калибры, градуированные до 0,2 – 0,5 мм



Уровни, отвесы, струны, лазерные построители

- Для установки базовых плоскостей, кондукторов, шаблонов и т.д.



Весы

- Должно быть 4 значащих цифры (цена деления $e = 0,01\%$ от НАИБОЛЬШЕГО ПРЕДЕЛА взвешивания (НПВ))
- Вес взвешиваемого объекта должен быть 25% - 75% от НПВ
- Погрешность весов – в %% от НПВ!!!
- Регулярная поверка (мин. 1 раз в год)

Стандарты на весы

- Весы лабораторные ГОСТ 24104

Класс точности	e	n	НмПВ
Специальный	Любое	50000 и более	$100d$
Высокий	До 50 мг включ. Св. 50 мг	От 100 до 100000 включ.	$20d$
		От 5000 до 100000 включ.	$50d$
Средний	До 2 г включ. Св. 2 г	От 100 до 10000 включ.	$20d$
		От 500 до 10000 включ.	$20d$

- Весы для статического взвешивания ГОСТ 9329

Класс точности	Цена поверочного деления e	Число поверочных делений $n = \text{НПВ} / e$		Наименьший предел взвешивания НмПВ
		наименьшее	наибольшее	
Средний (Ш)	$0,1 \text{ г} \leq e \leq 2 \text{ г}$	100	10000	$20e$
	$5 \text{ г} \leq e$	500	10000	$20e$
Обычный (ШШ)	$5 \text{ г} \leq e$	100	1000	$10e$

- Цена деления e из ряда: 1,2,5....

Примеры

- 1) Корпус швертбота $W = 100$ кг (99,99 кг).
 - НПВ = $W / 0,5 = 200$ кг.
 - Последняя значащая цифра – 0,01 кг (10 г), отсюда $n = \text{НПВ} / e = 200 / 0,01 = 20\ 000$ класс точности II
 - Если класс II недоступен, то класс III, $n = 10000$, $e = \text{НПВ} / n = 0,02$ кг = 20 г, т.е. последняя значащая цифра всегда четная
- 2) Шверт «Оптимист» $W = 2$ кг (2,000 кг)
 - НПВ = $W / 0,4 = 5$ кг
 - Последняя значащая цифра – 0,001 кг (1 г), отсюда $n = \text{НПВ} / e = 5 / 0,001 = 5\ 000$ - класс точности III

Специальный инструмент

