

Министерство обороны Российской Федерации

Военный инженерно-технический  
университет

Лекция № 2

по дисциплине «Метрология,  
стандартизация и  
сертификация»

Тема: Научные основы  
метрологического  
обеспечения



**ВОПРОС 1. ФИЗИЧЕСКИЕ  
ВЕЛИЧИНЫ И ИХ ИЗМЕРЕНИЯ.**

**ВОПРОС 2. ВИДЫ И МЕТОДЫ  
ИЗМЕРЕНИЙ.**

**ВОПРОС № 3. МЕТОДИКА  
ИЗМЕРЕНИЙ.**

**ВОПРОС № 4. ПОГРЕШНОСТИ И  
ДОПУСКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.**

# Цель

- **Изучить научные основы метрологического обеспечения**

# Литература:

1. **Никитин В.М. и др. «Метрология, стандартизация и управление качеством строительства объектов МО», с. 19-28.**
2. **Шинкевич В.А. и др. «Метрологическое обеспечение строительства», 2003 г., с. 13-23.**
3. **Шинкевич В.А. и др. «Справочно-методическое пособие по метрологическому обеспечению строительства на объектах МО РФ». 2006 г., с. 12-20.**

**ВОПРОС 1.  
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И  
ИХ ИЗМЕРЕНИЯ.**

**ПОНЯТИЕ О СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ  
ФИЗИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ.**

**Понятие о системе единиц физических величин впервые ввел немецкий астроном и математик Карл Фридрих Гаусс. Он предложил для определенных областей измерений (техника, механика, акустика, теплотехника) использовать несколько величин, а необходимые остальные образовывать от основных по определенному правилу, называя эти единицы производными.**

**Совокупность единиц  
измерения основных и  
производных величин  
называется системой единиц.**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА  
ЕДИНИЦ СИ (Systeme  
International).**



# Основные преимущества СИ:

- универсальность (она охватывает все области измерений);
- согласованность (все производные единицы образованы по единому правилу, исключая появления в формулах коэффициентов);
- возможность создания новых производных единиц (открытость системы).

# Одно из достоинств СИ

четкое разделение  
понятий массы, веса и  
силы благодаря введению  
разных единиц:  
килограмм – единица  
массы, ньютон – единица  
силы и веса.

# ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ В СИСТЕМЕ СИ

**Международная система единиц в России введена в действие стандартом ГОСТ 8.417-81 «ГСИ. Единицы физических величин».**

# В качестве основных единиц в системе СИ приняты:

- **МЕТР** – отрезок, равный 1650763,73 длин волн в вакууме излучения, соответствующего переходу между уровнями Zr10 и SdS атома криптона -85;
- **КИЛОГРАММ** – масса международного прототипа килограмма;

- **СЕКUNДА** – отрезок времени, равный 9192531770 периодам излучения между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия – 133;
- **КЕЛЬВИН** –  $1/273.16$  части термодинамической температуры тройной точки воды;
- **АМПЕР** – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенными на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную  $Z * 10$  Ньютона;

- **КАНДЕЛА** – сила света, испускаемого с поверхности площади  $1/600000$  м<sup>2</sup> полного излучателя в перпендикулярном направлении, при температуре излучателя, равной температуре затвердения платины при давлении 101525 Па (760 мм рт. ст.);
- **МОЛЬ** – количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде – 12 массой 0,012кг.

# Дополнительные единицы СИ:

- **РАДИАН** – плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу;
- **СТЕРАДИАН** – телесный угол, с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

# **ВОПРОС 2. ВИДЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ**



**ИЗМЕРЕНИЕМ** называется  
нахождение значений физической  
величины опытным путем с помощью  
специальных технических средств.

Основное уравнение измерения  
имеет вид:  $Q=q*U$

где:  $Q$  – значение физической  
величины;

$q$  – числовое значение величины  
в принятых единицах;

$U$  – единица физической  
величины.

# Классификация измерений

## По характеру точности

- Равноточные
- Неравноточные

## По выражению результата измерений

- Абсолютные
- Относительные

# По способу получения информации

- Прямые
- Косвенные
- Совокупные
- Совместные

## По числу измерений

- **Однократные**
- **Многократные**

## По характеру изменения измеряемой величины

- **Статические**
- **Динамические**
- **Статистические**

# ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

**- измерения, при которых  
искомое значение находят  
непосредственно из опытных  
данных (измерение толщины  
стеновой панели с помощью  
стальной линейки с  
миллиметровыми делениями)**

# КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

позволяют получить результат на основе прямых измерений и аналитической зависимости между результатами измерений. Примером косвенного измерения является определение объема бетонного массива по его линейным размерам и результатам математических измерений.

**Совокупные** — когда  
используются системы  
уравнений, составленных  
по результатам  
измерения нескольких  
однородных величин.

**Совместные —**

производятся с целью  
установления зависимости  
между неоднородными  
величинами. При этих  
измерениях определяется  
сразу несколько  
показателей.



**Статические —  
связаны с такими  
величинами, которые  
не изменяются на  
протяжении времени  
измерения.**

**Динамические —**  
связаны с такими  
величинами, которые в  
процессе измерений  
меняются (температура  
окружающей среды).

**Статистические  
измерения -  
связанны с  
определением  
характеристик  
случайных процессов**

- **РАВНОТОЧНЫЕ** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных одинаковыми по точности средствами измерений в одних и тех же условиях.
- **НЕРАВНОТОЧНЫЕ** – ряд измерений какой-либо величины, выполненных различными по точности средствами измерений в разных условиях

# МЕТОД ИЗМЕРЕНИЙ

**– прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с принятым принципом измерений**

# МЕТОД НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ

**позволяет получить значение величины без каких-либо дополнительных действий и вычислений. Чаще всего измерения с помощью этого метода осуществляются на показывающих приборах: манометрах, динамометрах, жидкостных термометрах и т.д. Взвешивание грузов на циферблатных весах, измерение длины железобетонных конструкций рулеткой – это тоже измерения методом непосредственной оценки.**

# МЕТОД СРАВНЕНИЯ С МЕРОЙ

**Измеряемую величину  
сравнивают с величиной,  
воспроизводимой мерой  
(дозирование  
составляющих на весах)**

# МЕТОД СОВПАДЕНИЙ

заключается в измерении по совпадающим отметкам или сигналам. Метод используется в конструкции нониуса штангенциркуля, микрометра.



# ВОПРОС № 3. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЙ

# Методика выполнения измерений (МВИ)

**- это совокупность операций, технических средств и правил измерения, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов измерений в соответствии с данным методом; включает три взаимосвязанных элемента: правила измерения, технические средства и метод.**

# Правила измерения

- это комплекс требований к содержанию последовательности и условиям выполнения всех операций, обеспечивающих полное решение данной измерительной задачи

# Технические средства

это собственно средства измерений, так и вспомогательные устройства, необходимые для подготовки и выполнения измерений.

**ВОПРОС № 4.  
ПОГРЕШНОСТИ И ДОПУСКИ ПРИ  
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ**

# ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

– отклонение результата измерения  $X_{изм.}$  от действительного (истинного) значения измеряемой величины  $X_d$ , определяемое по формуле:

$$\Delta = X_{изм} - X_d$$

где:  $X_{изм}$  – отклонение результата измерения;

$X_d$  – истинное значение измеряемой величины;

$\Delta$  – погрешность измерения.

# ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ

- **погрешности объекта измерений, связанные с изменением измеряемой величины в процессе измерений, связанные неоднородностью объекта измерения, нечеткими его границами и т.п.;**
- **личные погрешности, зависящие от психологических способностей оператора и его квалификации;**

- **инструментальные погрешности, возникающие вследствие недостаточной точности приборов, несовершенного выполнения их поверок и т.п.;**
- **погрешности метода, обусловленные упрощением используемых формул, алгоритмов и процессов измерений;**
- **погрешности внешней среды, обусловленные влиянием температуры, влажности, освещенности, вибрации и т.п.**



# ВИДЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ

**АБСОЛЮТНАЯ** погрешность измерений представляет собой алгебраическую разность между результатом измерения или измеренным значением величины  $X_{изм}$  и действительным значением  $X_{д}$ .

$$\Delta = X_{изм} - X_{д}$$

**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ  
погрешность представляет  
собой частное от деления  
абсолютной погрешности на  
истинное значение  $X_d$  (или  
измеренное  $l$ ) значение  
величины:**

$$\Delta_{\text{отн}} = \frac{\Delta}{l}$$

# Погрешности подразделяются на:

- грубые;
- систематические;
- случайные.

**Грубой** считается погрешность, существенно превышающую по модулю допускаемое для данных измерений числовое значение.

# Систематическими погрешностями

- **называют такие, которые входят в каждый результат измерения по определенному закону.**

**Систематические** погрешности имеют определенный знак и накапливаются по определенному функциональному закону в результате постоянно действующих факторов. Они должны исключаться из результатов измерений путем введения поправок или компенсироваться соответствующей организацией методики обработки измерений.

## Случайными погрешностями

называют погрешности, возникновение которых не удастся подчинить определенным аналитическим законам.

Они возникают в результате несовершенства техники и методов измерений, изменений внешних условий, за счет округления чисел при отсчетах и т.п.

# При обработке результатов измерений учитываются следующие положения:

- среднее арифметическое случайных погрешностей приближается к нулю при возрастании числа измерений;
- чем больше абсолютная величина погрешности, тем реже она встречается в ряду измерений;
- по абсолютной величине случайные погрешности не должны превосходить определенного предела.



Истинным значением физической величины принимают среднее арифметическое результатов измерений:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

$x_i$  – единичные равноточные измерения контролируемой величины.

$n$  – количество измерений одной и той же величины.

Мерой точности измерений  
служит среднее квадратическое  
отклонение  $S$ :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_0 - X_i)^2}{n}},$$

Если неизвестно номинальное  $X_0$  или действительное значение измеряемой величины, среднее квадратическое отклонение определяется по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n}},$$

М – средняя квадратичная  
погрешность среднего  
арифметического  $\bar{X}$

$$M = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

**Расчетные размеры конструкций, установленные в рабочих чертежах называются проектными или номинальными  $X_0$ . Действительными или натуральными значениями измеренной величины  $X_i$  называют размеры конструкций, полученные после их изготовления или размеры отдельных размеров зданий и сооружений, полученные в результате выноса проекта в натуру.**

**Значения отклонений  
могут быть определены по  
формулам:**

$$**X_{\max} = X_i - X_o**$$

$$**X_{\min} = X_o - X_i**$$

Эти отклонения от номинальных размеров ограничиваются определенными отклонениями, которые обозначают  $\pm\delta$  и определяют по формулам:

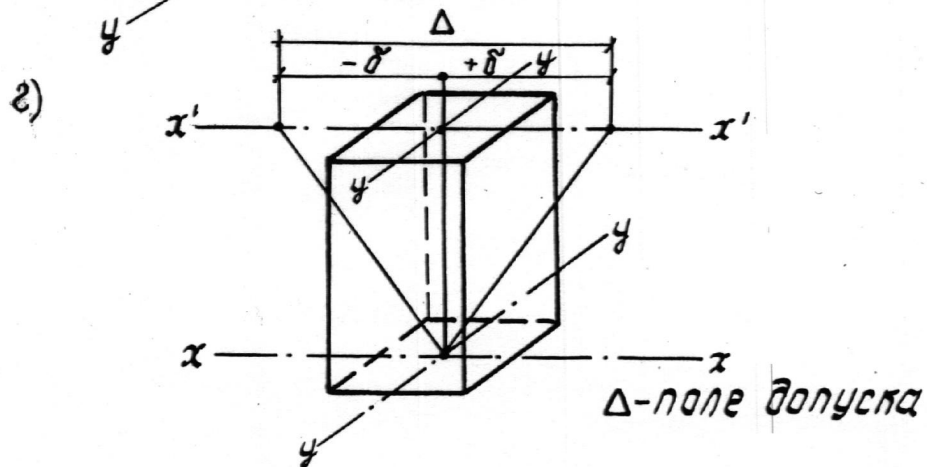
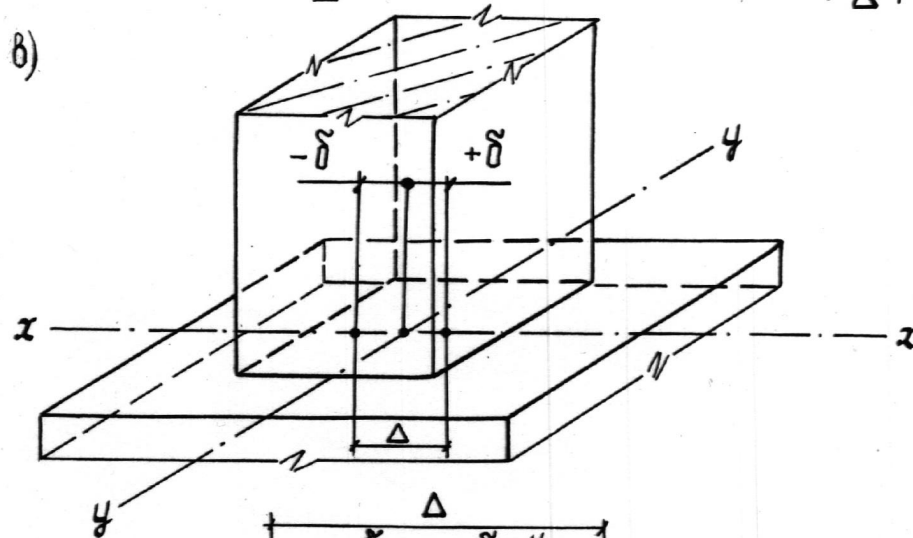
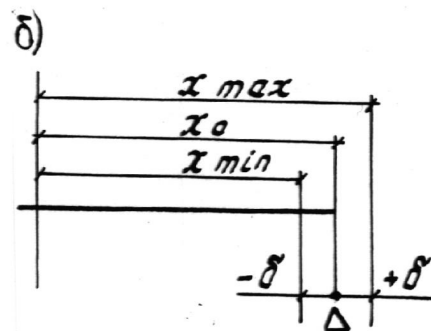
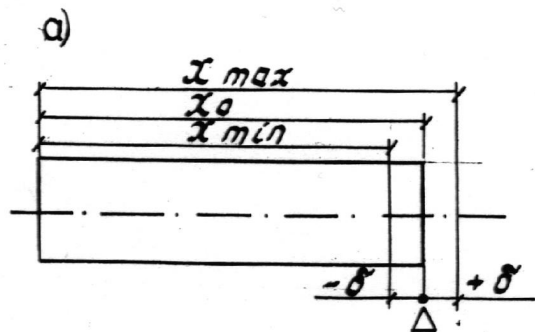
$$\Delta_{\text{д}} = 2|\delta|$$

В случае асимметричного отклонения

$$\Delta_{\text{д}} = |\delta_{\text{min}}| + |\delta_{\text{max}}|$$

- Зону между наибольшим и наименьшим предельным отклонением размера называют полем допуска. Графическое изображение допускаемых отклонений и допусков на погрешности СМР показано на рис.





- Установленная проектом точность определяется допуском, а достигнутая точность оценивается погрешностью. Погрешности получают исходя из предельных размеров конструкций и предельных положений элементов конструкций в узлах сопряжений.

- **Допуски на изготовление изделий и конструкций регламентируются стандартами, а на разбивочные и монтажные работы — СНиП, ч. 3.**

- Система допусков в строительстве представляет собой стандартизацию точности технологических процессов при возведении зданий и сооружений. Она построена по принципу группирования предельных погрешностей  $\Delta_d = 3S$  по СНиП или  $\Delta_d = 6S$  по ГОСТ в классе точности, где  $S$  — среднее квадратическое отклонение.

**Лекция окончена**