



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»



Учебный военный центр  
Кафедра метрологии  
ВУС 670200 «Метрологическое  
обеспечение  
вооружения и военной техники»



# Средства измерений военного назначения и их поверка

## Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТРОЛОГИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ВВТ ВВС

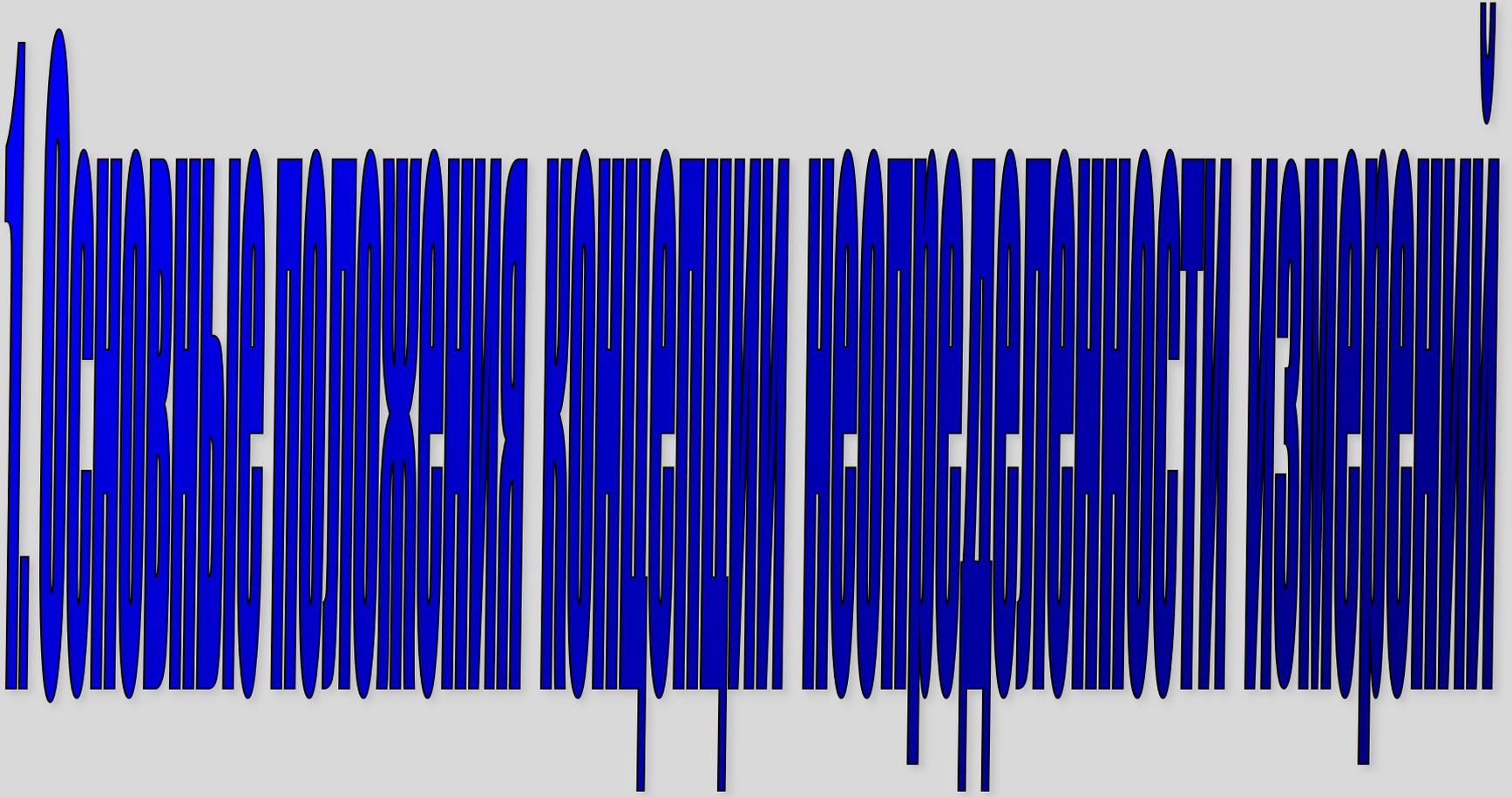
### Тема № 2. ОСНОВНЫЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

# **Лекция № 4**

## **«Неопределённость результата измерений»**

### **Вопросы:**

- 1. Основные положения концепции неопределенности измерений**
- 2. Стандартная неопределенность по типу A**
- 3. Стандартная неопределенность по типу B**
- 4. Сопоставление концепций погрешности и неопределенности измерений**



*В 1993 г. издано «Руководство по выражению неопределенности измерений».*

*В 2003 г. введены в действие Рекомендации по межгосударственной стандартизации **РМГ 43-2001** «Применение “Руководства по выражению неопределенности измерений”»*

*В Руководстве вместо понятия **«погрешность измерения»** вводится понятие **«неопределенность измерения»**:*

- в широком смысле - это «сомнение» относительно достоверности результата измерения;*
- в узком смысле - это разброс значений, которые могли бы быть обоснованно приписаны измеряемой величине.*

*В теории неопределённости  
рассматриваются неопределенности:*

**Стандартные неопределенности  
типа A и B:**

$$u_A(x_i), u_B(x_i)$$

**Суммарная неопределенность:**

$$u_c(y), \text{ при } y = f(x_1, x_2, \dots)$$

**Расширенная неопределенность:**

**U**

*Водятся две оценки стандартной неопределенности:*

- оценка по типу А – метод оценивания неопределенности путем статистического анализа рядов наблюдений;*
- оценка по типу В – метод оценивания иным способом, чем статистический анализ рядов наблюдений.*

*Стандартную неопределенность типа А получают из функции плотности вероятности, полученной из наблюдений.*

*Стандартную неопределенность типа В получают из предполагаемой функции плотности вероятностей, основанной на уверенности в том, что событие произойдет.*

ЗЕМЛЕДЕЛЬЦАМ  
И РАБОТНИКАМ  
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И ТОВАРИЩАМ  
УЧИТЕЛЯМ  
И РАБОТНИКАМ  
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
ЗАВЕДЕНИЙ  
И РАБОТНИКАМ  
НАУКИ И КУЛЬТУРЫ  
И РАБОТНИКАМ  
ОТЕЧЕСТВЕННОЙ  
ОБРОЩАЮЩЕЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И РАБОТНИКАМ  
СРЕДНЕГО  
ПРОМЫШЛЕННОГО  
КЛАССА  
И РАБОТНИКАМ  
СРЕДНЕГО  
ПРОМЫШЛЕННОГО  
КЛАССА  
И РАБОТНИКАМ  
СРЕДНЕГО  
ПРОМЫШЛЕННОГО  
КЛАССА

Стандартную неопределенность единичного измерения  $i$ -й входной величины  $u_{A,i}$  вычисляют по формуле:

$$u_{A,i} = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}$$

Стандартную неопределенность  $u_A(x_i)$  измерений  $i$ -й входной величины, при которой результат определяют как среднее арифметическое, вычисляют по формуле:

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{q=1}^{n_i} (x_{iq} - \bar{x}_i)^2}$$



Оцененная стандартная неопределенность  $u_B(x_i)$  определяется на базе научного суждения, основанного на всей доступной информации о возможной изменчивости  $x$ . При этом используется априорная информация о неточности используемых данных.

$u_B(x_i)$  характеризует меру доверия, а не частоту событий, как это используется в концепции погрешности, основанной на частотной теории вероятностей.

$u_B(x_i)$  может быть задана: 1) как некоторое кратное стандартного отклонения, так и 2) как интервал, имеющий 90, 95 или 99 процентный уровень доверия.

Стандартную неопределенность  $u_B(x_i)$ , связанную с влияющим фактором  $x_i$ , вычисляют по формуле:  $u_B(x) = \Delta/k$ ,  $\Delta = (X_{max} - X_{min})/2$ ,  $k$  -  $k$ -т охвата

Для равномерного распределения:  $k = \sqrt{3}$ ;

Для треугольного распределения:  $k = \sqrt{6}$ ;

Для нормального распределения:  $k$  зависит от заданной вероятности.

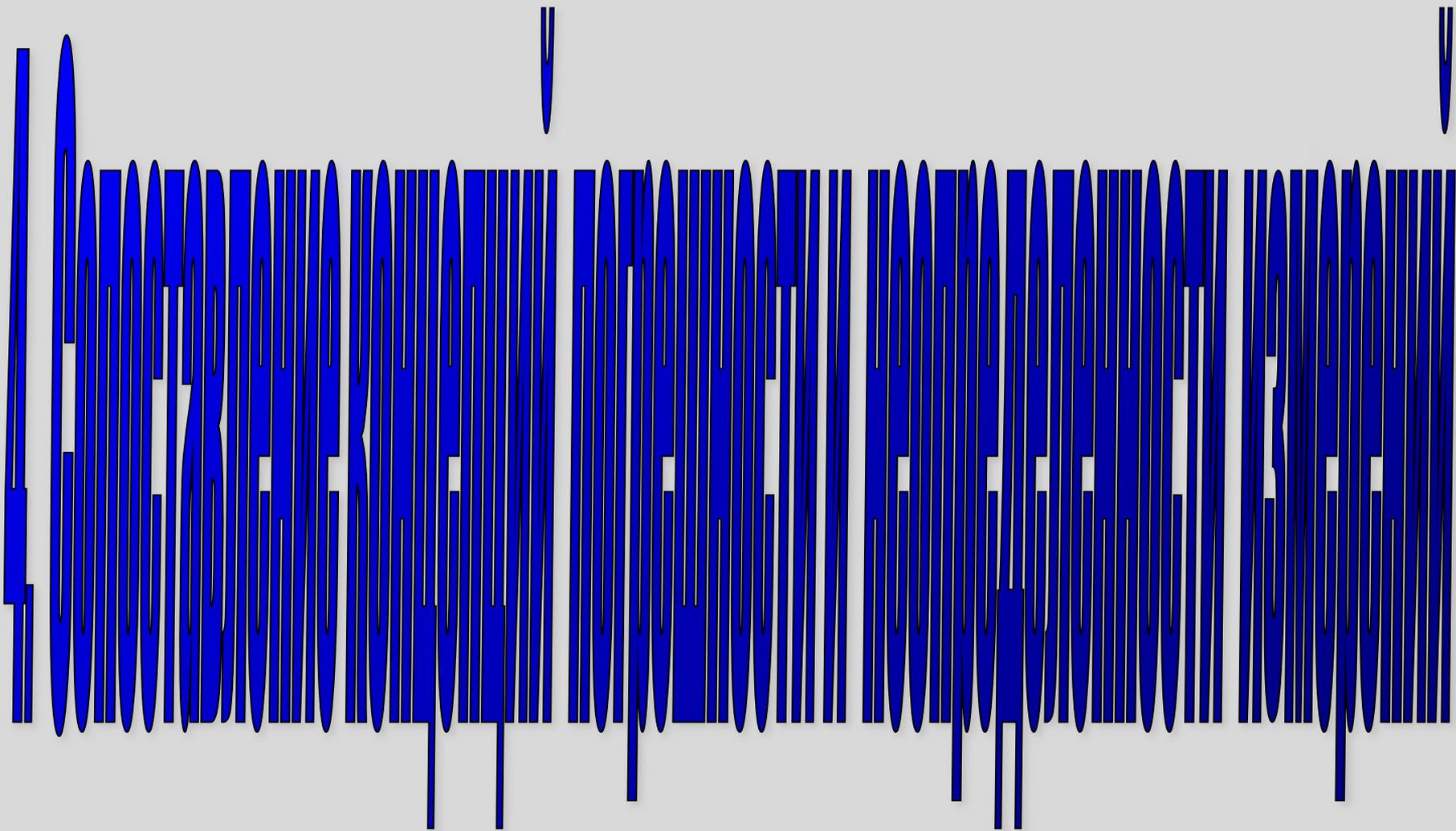
Например, для  $p = 0,99$  :  $k = 2,58$ ;

Для равнобедренной трапеции с шириной верхней части, равной  $2\Delta\beta$ , где  $\beta$  находится в диапазоне от 1 (прямоугольное распределение) до 0 (треугольное распределение):

$$u_B^2(x) = \Delta^2 (1 + \beta^2)/6$$

## Для нормального распределения:

<i>уровень доверия <math>p</math>, %</i>	<i>коэффициент охвата <math>k</math></i>	<i>уровень доверия <math>p</math>, %</i>	<i>коэффициент охвата <math>k</math></i>
68,27	1	95,45	2
90	1,645	99	2,576
95	1,960	99,73	3



## Суммарная неопределенность:

$$u_c(y), \text{ при } y = f(x_1, x_2, \dots)$$

применяется когда результат получают из значений ряда других величин:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}$$

## Расширенная неопределенность:

применяется в торговле, промышленности, регулирующих актах, при охране здоровья и безопасности в качестве дополнительной меры неопределенности:

$$U = k u_c(y), \quad k = 2 \dots 3 \text{ – } k\text{-т охвата}$$

## **Общее для концепции погрешности и неопределенности измерений:**

- 1) анализ измерительной задачи и уравнения измерения,
- 2) выявление всех источников погрешности (неопределенности) результата измерения,
- 3) введение поправок на все известные систематические эффекты (погрешности),
- 4) оценивание характеристик составляющих погрешности (стандартных неопределенностей) и вычисление характеристики погрешности (неопределенности) результата измерения.

Общий порядок оценки **случайной погрешности** и неопределенности по **типу А** :

$$X_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ,$$

$$\sigma_{cp} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - X_{cp})^2} .$$

Общий порядок оценки границ **неисключенной систематической погрешности (НСП)** и неопределенности **по типу В** :

$$\Delta_{\Sigma s} = k \sqrt{\sum \Delta_{Si}^2}$$

Общий порядок оценки **суммарной погрешности** и **суммарной неопределенности** :

$$S_{\Sigma} = \sqrt{1/3 \cdot \sum \Delta_{Si}^2 + S^2(X_{cp})}$$

Общий порядок оценки **доверительных границ погрешности** и **расширенной неопределенности** :

$$\varepsilon = t_q S(X_{cp})$$

*Достоинством концепции неопределенности измерений является единый принцип использования стандартной неопределенности для всех составляющих погрешности, что привлекательно для практического использования.*

*Когда все источники неопределенности учтены и количественно оценены, а измерительная задача корректно поставлена, тогда неопределенность является мерой возможной погрешности.*

***END***