УНИИМ – филиал
ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И.Менделеева»

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАЧЕНИЯ АТТЕСТУЕМОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ СПОСОБОМ МЕЖЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Докладчик – П.М. Аронов, ведущий научный сотрудник

лаб. 225 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ АТТЕСТОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ЧАЩЕ ВСЕГО ИСПОЛЬЗУЮТ МЕТОД МЕЖЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

- Согласно ГОСТ 8.532-2002 экспериментальные данные представляют **собой выборку из нормальной генеральной совокупности** и могут быть засорены выбросами
- Не учитывается **неравноточность** результатов различных лабораторий
- Сведения о неопределённости результатов не используются

НЕОБХОДИМО

- Рассмотрение модели, в которой результаты измерений представляются в виде набора представителей из различных генеральных совокупностей
- Разработка соответствующих алгоритмов оценивания аттестованного значения характеристики СО

РСТ

ПРЕДЛОЖЕННАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ МЕЖЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Данные, полученные из лабораторий, представляют собой набор пар

$$\{x_i, u_i\}, i = \overline{1, n} \qquad (1)$$

Центральная предельная теорема $\Rightarrow$

$$x_i = x + \Delta_i + \xi_i,\ i = \overline{1, n}$$

$$u_i^2 = E\xi^2$$

$$\xi_i \sim N(0, u_i)$$

Неопределённость результата i-той лаборатории

$$u^2(x_i) = E(x_i - x)^2 = \Delta_i^2 + u_i^2 \qquad (2)$$

МАКСИМАЛЬНОЕ СОГЛАСОВАННОЕ ПОДМНОЖЕСТВО ДАННЫХ

Взвешенное среднее

$$\overline{x} = \left(\sum_{i=1}^{n} u_i^{-2} \right)^{-1} \sum_{i=1}^{n} u_i^{-2} x_i \quad (3)$$

Хи-квадрат тест

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \overline{x})^2}{u_i^2} \le \chi^2(P; n-1) \quad (4)$$

Ранжирование лабораторий

$$\frac{(x_1 - \overline{x})^2}{u_1^2} \le \frac{(x_2 - \overline{x})^2}{u_2^2} \le \ldots \le \frac{(x_n - \overline{x})^2}{u_n^2} \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{k} \frac{(x_i - \overline{x}_k)^2}{u_i^2} \le \chi^2(P; k-1)$$

$$\overline{x}_k = \left(\sum_{i=1}^{k} u_i^{-2} \right)^{-1} \sum_{i=1}^{k} u_i^{-2} x_i$$

РСТ

АЛГОРИТМ ВЗВЕШЕННОГО СРЕДНЕГО С КОРРЕКЦИЕЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЕЙ (часть 1)

Ближайший исключённый член ряда $\dfrac{(x_{k+1}-\overline{x}_{k+1})^2}{u_{k+1}^2}$ **6**

Функция для выбора величины коррекции неопределённости

$$g_{k+1}(\lambda)=\sum_{i=1}^{k}\frac{(x_i-\overline{x}_{k+1}(\lambda))^2}{u_i^2}+\frac{(x_{k+1}-\overline{x}_{k+1}(\lambda))^2}{u_{k+1}^2+\lambda},\ \lambda\geq 0 \quad \textbf{7}$$

$$\overline{x}_{k+1}(\lambda)=\left(\sum_{i=1}^{k}u_i^{-2}+(u_{k+1}^2+\lambda)^{-1}\right)^{-1}\left(\sum_{i=1}^{k}u_i^{-2}x_i+(u_{k+1}^2+\lambda)^{-1}x_{k+1}\right) \quad \textbf{8}$$

Величина коррекции неопределённости $\lambda=\sigma_{k+1}^2$

$$g_{k+1}(\sigma_{k+1}^2)\leq\chi^2(P;k) \quad \textbf{9}$$

РСТ

АЛГОРИТМ ВЗВЕШЕННОГО СРЕДНЕГО С КОРРЕКЦИЕЙ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТЕЙ (часть 2)

Взвешенное среднее с корректированными неопределённостями

$$\overline{x}_n(\sigma_{k+1}^2, \ldots \sigma_n^2) = \left(\sum_{i=1}^{k} u_i^{-2} + \sum_{i=k+1}^{n} (u_i^2 + \sigma_i^2)^{-1} \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{k} x_i u_i^{-2} + \sum_{i=k+1}^{n} x_i (u_i^2 + \sigma_i^2)^{-1} \right) \quad (10)$$

Неопределённость взвешенного среднего

$$u^2(\overline{x}_n(\sigma_{k+1}^2, \ldots \sigma_n^2)) = \left(\sum_{i=1}^{k} u_i^{-2} + \sum_{i=k+1}^{n} (u_i^2 + \sigma_i^2)^{-1} \right)^{-1} \quad (11)$$

РСТ

АЛГОРИТМ ВЗВЕШЕННОГО СРЕДНЕГО С КОРРЕКЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ (часть 1)

Параметрическое семейство, корректирующие результаты

$$\hat{x}_{k+1}(\mu) = x_{k+1} - \mu \cdot sign(x_{k+1} - \bar{x}_k), \;\; \mu \geq 0, \quad (12)$$

Функция для выбора величины коррекции результата

$$f_{k+1}(\mu) = \sum_{i=1}^{k} \frac{(x_i - \bar{x}_{k+1}(\mu))^2}{u_i^2} + \frac{(\hat{x}_{k+1}(\mu) - \bar{x}_{k+1}(\mu))^2}{u_{k+1}^2} \quad (13)$$

$$\bar{x}_{k+1}(\mu) = \left(\sum_{i=1}^{k+1} u_i^{-2} \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{k} x_i u_i^{-2} + \hat{x}_{k+1}(\mu) u_{k+1}^{-2} \right) \quad (14)$$

Величина коррекции $\mu = \hat{\Delta}_{k+1}$

$$f_{k+1}(\hat{\Delta}_{k+1}) \leq \chi^2(P;k) \quad (15)$$

РСТ

АЛГОРИТМ ВЗВЕШЕННОГО СРЕДНЕГО С КОРРЕКЦИЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ (часть 2)

Взвешенное среднее с корректированными результатами

$$\overline{x}_n(\hat{\Delta}_{k+1},\ldots\hat{\Delta}_n) = \left(\sum_{i=1}^{n} u_i^{-2}\right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{k} x_i u_i^{-2} + \sum_{i=k+1}^{n} \hat{x}_i(\hat{\Delta}_i)u_i^{-2}\right) \quad (16)$$

Стандартная неопределённость взвешенного среднего

$$u^2(\overline{x}_n(\hat{\Delta}_{k+1},\ldots\hat{\Delta}_n)) = \left(\sum_{i=1}^{n} u_i^{-2}\right)^{-1} \quad (17)$$

ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

МОДЕЛЬ ДАННЫХ

$$x_i = 10 + \Delta_i + \xi_i,\ i = \overline{1,15}$$

Генерация скрытых смещений и случайных погрешностей

☑ $\Delta_i \sim N(0, \sigma_i),\ \xi_i \sim N(0, u_i)$

☑ $\sigma_i \sim e(x) = \exp(-x),\ x \geq 0$

☑ $u_i \sim [0.1, 0.5]$

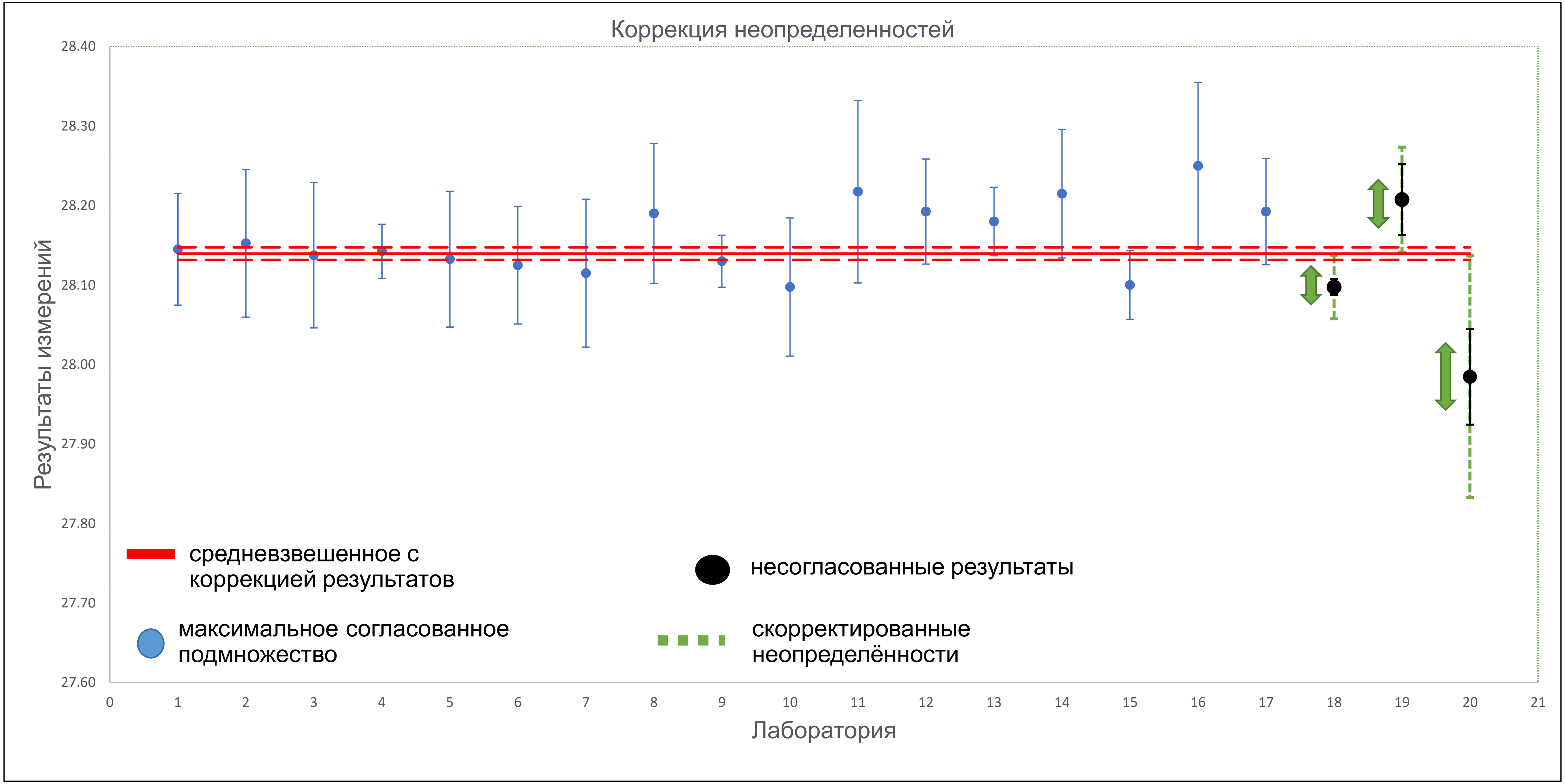
N=1000

Среднеквадратическая погрешность

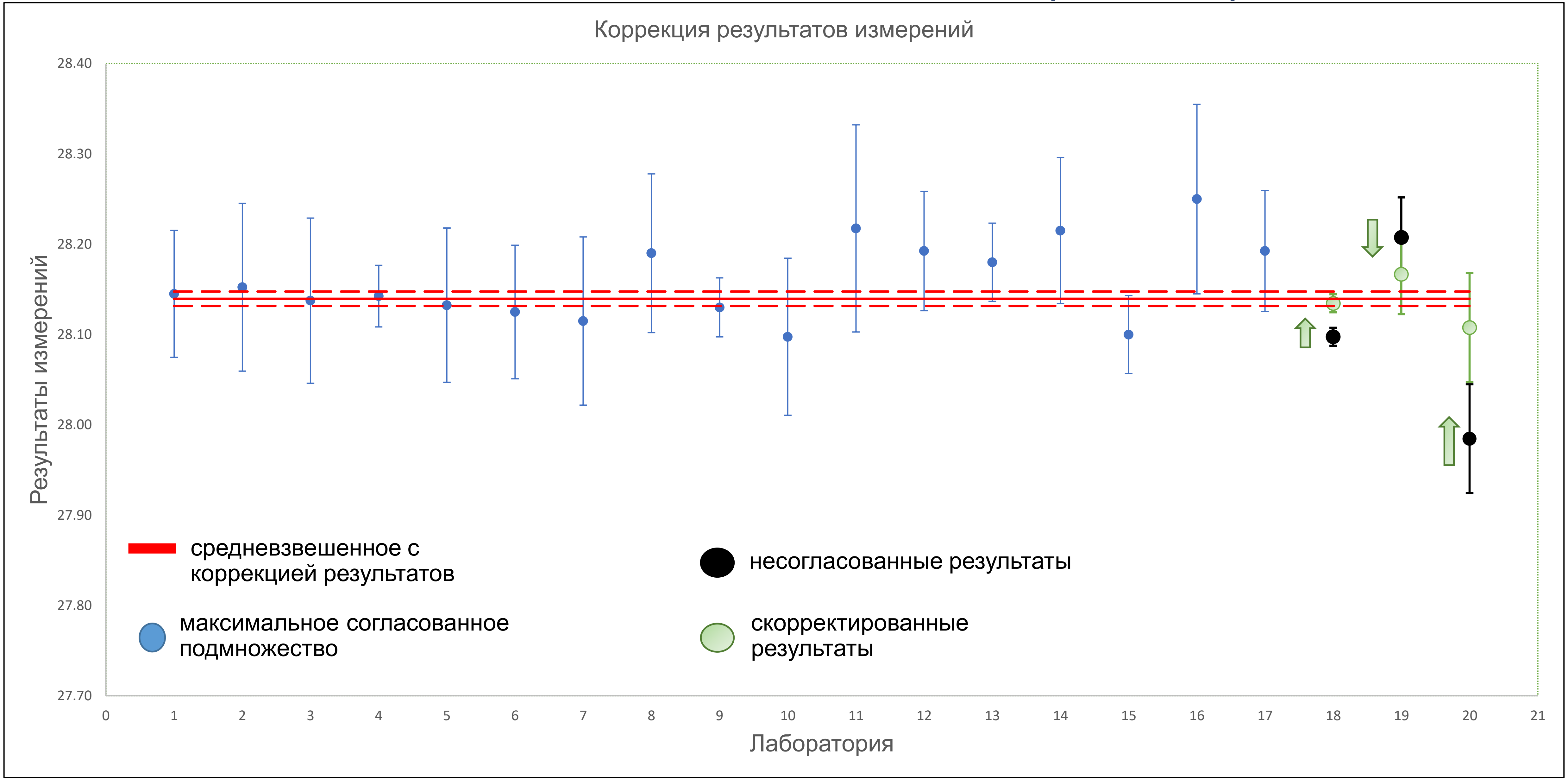
Среднее арифметическое	**0,41**	5
Медиана	**0,25**	2
Средневзвешенное без коррекции данных	**0,36**	4
Средневзвешенное с коррекцией неопределённостей	**0,27**	3
Средневзвешенное с коррекцией результатов	**0,23**	1

РСТ

ОБРАБОТКА РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ (ЧАСТЬ 1)



ОБРАБОТКА РЕАЛЬНЫХ ДАННЫХ (ЧАСТЬ 2)



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемые в работе новые алгоритмы оценивания значения аттестуемой характеристики СО безусловно требуют дальнейшего изучения, однако уже первые исследования показывают, что они заслуживают внимания

Спасибо за внимание!