ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ

НПО «ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИИ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА»
(НПО «ВНИИМ им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ. СЛИЧЕНИЯ ГРУПП СРЕДСТВ ПОВЕРКИ ОДИНАКОВОГО УРОВНЯ ТОЧНОСТИ.

ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА

МИ 1832—88

Москва
ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ
1989

gost.e-ecolog.ru

УДК 53.089.6 Группа Т80

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ГСИ. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила. МИ 1832—88

Введены в действие с 01.07.89

Настоящие методические указания распространяются на сличения групп средств поверки одного вида измерений одинакового уровня точности (далее — сличения) и устанавливают основные правила проведения этих сличений.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Сличения являются одним из способов контроля средств поверки в процессе эксплуатации. Сличения могут применяться также с целью оценивания характеристик погрешностей средств измерений в тех случаях, когда не созданы эталоны или образцовые средства измерений, обеспечивающие их поверку с требуемой точностью.

1.2. Сличения проводят предприятия (организации) государственной и ведомственных метрологических служб (далее — предприятия-организаторы) в соответствии с их специализацией.

1.2.1. Метрологические институты организовывают сличения средств поверки центров стандартизации и метрологии (далее — ЦСМ) и участвуют в них.

1.2.2. ЦСМ организовывают сличения средств поверки предприятий региона и участвуют в них.

1.2.3. Метрологические службы министерств (ведомств) организовывают сличения средств поверки предприятий министерства (ведомства) и участвуют в них.

1.3. Если средства измерений подлежат транспортированию, то предприятие-организатор направляет сличаемое средство измерений предприятию, участвующему в сличениях (далее — предприятие-участник).

При сличении стационарных средств поверки, не подлежащих транспортированию, предприятие-организатор направляет предприятиям-участникам меру для сличения.

© Издательство стандартов, 1989

1.4. Сличения подразделяют на: круговые, радиальные, комбинированные.

1.4.1. При круговых сличениях предприятие-организатор направляет одному из предприятий-участников сличаемое средство измерений или меру для сличения (далее — мера) с целью сличения со средством поверки предприятия-участника, далее средство измерений или мера передается следующему предприятию-участнику. Так последовательно проводят сличения все предприятия-участники. После проведения полного круга сличений средство измерений возвращается предприятию-организатору.

1.4.2. При радиальных сличениях сличаемое средство измерений или мера предприятия-организатора после каждого очередного сличения со средством поверки предприятия-участника возвращается к предприятию-организатору для уточнения метрологических характеристик сличаемого средства измерений.

1.4.3. Комбинированные сличения предполагают комбинацию кругового и радиального видов сличений.

1.5. Выбор вида сличения зависит от стабильности сличаемого средства измерений или меры предприятия-организатора.

Если нестабильность сличаемого средства или меры за время, необходимое для проведения сличений с предполагаемыми средствами измерений, незначительна (не превышает 30% от погрешности этого средства измерений), то проводят круговые сличения.

Если нестабильность сличаемого средства измерений или меры за время проведения сличений значительна (превышает 30% от погрешности этого средства измерений), то проводят радиальные или комбинированные сличения.

1.6. Предприятие-организатор разрабатывает программу проведения сличений и утверждает ее после согласования с предприятиями-участниками.

1.7. В программе проведения сличений должны быть указаны:

измеряемая величина;

вид сличений;

основные метрологические характеристики сличаемых средств измерений предприятия-организатора и предприятий-участников;

описание маршрута и процедуры доставки сличаемых средств измерений к предприятию-участнику, условия транспортирования и хранения средств измерений, календарный график сличений;

последовательность операций при осуществлении измерений в процессе сличений, а также другая информация, обеспечивающая правильность проведения измерений;

способ оценки и оформления результатов измерений при сличении.

1.8. Проведение сличений группы средств поверки не является основанием для отказа от очередных поверок этих средств.

2. ТРЕБОВАНИЯ К СЛИЧЕНИЯМ

2.1. Сличению подлежат средства измерений одинакового уровня точности. Например, сличается группа образцовых средств измерений 1-го разряда или группа образцовых средств измерений 3-го разряда и т. д.

2.2. Различают два способа сличений:

сличения средств поверки посредством меры более высокой точности (разряда);

сличения средств поверки посредством меры, метрологические характеристики которой одного порядка со сличаемыми средствами.

2.3. При контроле метрологических характеристик средств поверки используют оба способа сличений.

При определении метрологических характеристик вновь разработанных средств измерений и при отсутствии верхнего звена системы передачи размера единицы применяют второй способ сличений.

2.4. Полученные при сличении экспериментальные данные и результаты их обработки направляют предприятию-организатору этих сличений в виде протокола сличений (см. приложение 1).

2.5. Предприятие-организатор сличений проводит анализ полученных результатов сличений.

2.6. При контроле метрологических характеристик средств поверки определяют:

характеристику случайной составляющей погрешности каждого из сличаемых средств поверки S^2;

систематическую составляющую погрешности каждого из сличаемых средств поверки η.

2.6.1. Вычисленные метрологические характеристики (S^2, η) каждого средства поверки сравнивают с допускаемыми на них значениями ($\sigma_{пр}^2$, $\eta_{пр}$) в соответствии с техническими требованиями на эти средства поверки или с требованиями поверочной схемы.

2.6.2. Если вычисленные метрологические характеристики (S^2, η) не превышают допускаемых значений

$$S^2 < \sigma_{пр}^2, \qquad (1)$$

$$\eta < \eta_{пр}, \qquad (2)$$

то средства поверки соответствуют своему метрологическому статусу.

2.6.3. Если неравенства (1 и 2) не выполняются, то это свидетельствует о наличии значительных случайных или систематических погрешностей соответственно. В этих случаях средства поверки подлежат тщательному исследованию с целью возможности уменьшения этих погрешностей (при наличии систематической погрешности следует предусмотреть возможность внесения поправок в соответствующее средство поверки). В случае невозможности уменьшения погрешностей средство поверки считают непригод-

ным, направляют в ремонт или понижают его метрологический статус.

2.7. Определение метрологических характеристик средств измерений при отсутствии верхнего звена системы передачи размера единицы осуществляют вторым способом сличений этих средств измерений (см. п. 2.2.).

Число сличаемых средств измерений при этом должно быть более двух, $L>2$.

2.8. Экспериментальные данные при сличении и результаты их обработки вносят в протокол сличений (приложение 1). В протоколе сличений для средств поверки предприятий-участников должны быть указаны:

диапазон измерений;

вспомогательные устройства, необходимые для проведения измерений, особенности их применения (присоединения, размеры, термостатирование, ожидаемая продолжительность измерений и т. д.);

метрологические характеристики.

2.9. Число измерений при попарном сличении следует выбирать в зависимости:

от заданной точности результата измерения;

от соотношения между случайными и неисключенными систематическими погрешностями сличаемых средств измерений при условии $\frac{\theta}{S_\Sigma}<8$.

Примечание. При наличии неисключенных систематических погрешностей сличаемых средств измерений число измерений (n) при попарном сличении рекомендуется не более

$$n<\frac{64\cdot S^2_\Sigma}{\theta^2},$$

где $S_\Sigma=\sqrt{S_1^2+S_2^2}$ — суммарное среднее квадратическое отклонение (далее — СКО) сличаемых средств измерений; θ — граница суммы неисключенной систематической погрешности сличаемых средств измерений; S_1, S_2 — СКО сличаемых средств измерений.

3. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СЛИЧЕНИИ

3.1. При контроле метрологических характеристик средств поверки предприятие-участник обрабатывает экспериментальные данные, полученные при сличении. При этом:

оценивают систематическую погрешность каждого средства поверки;

вычисляют характеристику случайной погрешности S^2 (оценку дисперсии показаний средств поверки) каждого средства поверки.

Пример обработки экспериментальных данных при сличении первым способом приведен в приложении 2.

3.2. Попарные сличения проводят по схеме

$$\Delta_{12}=x_1-x_2;$$

$$\Delta_{13}=x_1-x_3;\quad \Delta_{23}=x_2-x_3;$$

$$\Delta_{14}=x_1-x_4;\quad \Delta_{24}=x_2-x_4;$$

. . . . . .

$$\Delta_{1L}=x_1-x_L;\ \Delta_{2L}=x_2-x_L;\quad \Delta_{L,L-1}=\Delta_L-\Delta_{L-1}, \qquad (3)$$

где x_i—x_j — разность показаний i-го и j-го сличаемых средств измерений; L — число сличаемых средств измерений.

Для каждого попарного сличения выполняют многократные измерения.

При статистической обработке экспериментальных данных получают средние арифметические значения

$$\bar{\Delta}_{ij}=\bar{x}_i-\bar{x}_j,\ i\neq j\ (i,\ j=1,2\ldots,\ L) \qquad (4)$$

и оценки суммарной дисперсии случайных погрешностей попарно сличаемых средств измерений

$$S_{ij}^2=S_i^2+S_j^2,\ i\neq j\ (i,\ j=1,2\ldots,\ L), \qquad (5)$$

где $\bar{x}_i-\bar{x}_j=\dfrac{\sum\limits_{k=1}^{n}(x_{ik}-x_{jk})}{n}$ — разность средних арифметических показаний i-го и j-го сличаемых средств измерений; S_i^2 — оценка дисперсии случайной погрешности i-го сличаемого средства измерений;

$S_{ij}^2=\dfrac{\sum\limits_{k=1}^{n}(x_{ik}-x_{jk}-\bar{x}_i+\bar{x}_j)^2}{n-1}$ — оценка суммы дисперсий случайных погрешностей i-го и j-го сличаемых средств измерений.

3.3. Оценку дисперсии случайной погрешности S^2 каждого сличаемого средства измерений определяют, решая систему условных уравнений (5) для оценок дисперсий.

При числе сличаемых средств измерений $L>3$ (при избыточном числе уравнений (5)) оценки дисперсий определяют методом наименьших квадратов.

Единообразие получаемых условных уравнений для определения оценок дисперсий случайных погрешностей сличаемых средств измерений позволяет упростить процедуру расчета этих оценок.

Столбец значений оценок дисперсий $\widehat{S}^2$ равен

$$\widehat{S}^2=\begin{vmatrix}\widehat{S}_1^2\\ \widehat{S}_2^2\\ \vdots\\ \widehat{S}_L^2\end{vmatrix}=\frac{1}{2\,(L-1)(L-2)}\begin{pmatrix}(2L-3)-1-1\ldots-1\\ -1\ (2L-3)-1\ldots-1\\ -1\quad -1\ (2L-3)\ldots-1\\ \cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\\ -1\quad -1-1\ldots(2L-3)\end{pmatrix}\begin{pmatrix}y_1\\ y_2\\ \vdots\\ y_L\end{pmatrix}=$$

$$=\frac{1}{2\,(L-1)(L-2)}\begin{pmatrix}(2L-3)\cdot y_1-\sum\limits_{i=2}^{L}y_i\\ (2L-3)\cdot y_2-\sum\limits_{i=1}^{L}y_i\,i\neq 2\\ \cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\quad\cdot\\ (2L-3)\cdot y_L-\sum\limits_{i=1}^{L}y_i\,i\neq L\end{pmatrix}, \qquad (6)$$

где y_i — свободный член i-го нормального уравнения.

Тогда оценка дисперсии j-го сличаемого средства измерений равна

$$\widehat{S}_j^2=\frac{(2L-3)\cdot y_j-\sum\limits_{i-1}^{L}y_i}{2\,(L-1)\,(L-2)},\quad i\neq j.$$

Значение y_i равно сумме свободных членов всех тех условных уравнений (5), которые содержат оценку i-й дисперсии, т. е. $y_i=\sum\limits_{j=1}^{L}S_{ij}^2,\ i\neq j.$

3.3.1. Учитывая погрешность метода наименьших квадратов $\frac{(2L-3)^2}{4\,(L-1)^2\,(L-2)^2}\cdot\frac{\sum\limits_{k=1}^{m}(S^2=k^2)}{(m-L)}$ при вычислении $\widehat{S}_i^2$ и то, что каждое условное уравнение получено в результате выполнения «n» числа сличений, среднее квадратическое отклонение $S\ (\widehat{S}^2)$ каждого из вычисленных значений $\widehat{S}_1^2,\ \widehat{S}_2^2,\ldots,\ \widehat{S}_L^2$ определяют по формуле

$$S(\widehat{S}^2)=\sqrt{\frac{(2L-3)^2}{4\,(L-1)^2\cdot(L-2)^2}\cdot\frac{\sum\limits_{k=1}^{m}v_k^2}{(m-L)}+\frac{2\cdot\widehat{S}^4}{n}},$$

где L — число сличаемых средств измерений; m — число условных уравнений; v_k — остаточная погрешность k-го условного уравне-

ния, полученная путем подстановки в k-е условное уравнение вычисленных оценок ($v_k = S^2_{k,\,k-1} - \widehat{S}^2 - \widehat{S}^2_{k-1}$); n — число попарных сличений между двумя средствами измерений.

Значимость погрешности $S(\widehat{S}^2)$ в основном определяется составляющей равной $\frac{2\,\widehat{S}^4}{n}$, т. е. ограниченностью числа измерений между двумя сличаемыми СИ. Поэтому, рассчитав порядок погрешности первой составляющей, можно ориентироваться на необходимое число сличений с целью уменьшения $S(\widehat{S}^2)$.

3.3.2. Вычисленные средние квадратические отклонения S сличаемых средств измерений определяют по формуле $\widehat{S} = \sqrt{\widehat{S}^2}$.

3.3.3. Верхняя доверительная граница доверительного интервала для истинного значения среднего квадратического отклонения равна $S_в = \varkappa_{f,P} \cdot \widehat{S}$,

где $\varkappa_{f,P}$ — коэффициент, зависящий от числа степеней свободы $f = n - 1$ и доверительной вероятности P.

Значение коэффициента $\varkappa_{f,P}$ определяют по таблице.

Коэффициенты $\varkappa_{f,P}$ для определения верхних границ для $\widehat{S}$.

f	$P=0{,}95$	$P=0{,}99$	f	$P=0{,}95$	$P=0{,}99$
3	2,92	5,11	17	1,40	1,63
4	2,37	3,67	18	1,38	1,60
5	2,09	3,00	19	1,37	1,58
6	1,92	2,62	20	1,36	1,56
7	1,80	2,38	22	1,34	1,52
8	1,71	2,20	24	1,32	1,49
9	1,65	2,08	26	1,30	1,46
10	1,59	1,98	28	1,29	1,44
11	1,55	1,90	30	1,27	1,42
12	1,52	1,83	40	1,23	1,34
13	1,49	1,78	50	1,20	1,30
14	1,46	1,73	60	1,18	1,27
15	1,44	1,69	80	1,15	1,22
16	1,42	1,66	100	1,13	1,19

3.3.4. За предел допускаемого значения среднего квадратического отклонения $\sigma_{пр}$ сличаемого средства измерений принимают его верхнюю доверительную границу $S_в$, $\sigma_{пр} = S_в$.

3.4. Для нахождения систематических погрешностей сличаемых средств измерений определяют средство измерений с наименьшей по абсолютному значению систематической погрешностью.

Для нахождения этого средства измерений определяют суммы $\sum_{i=1}^{L}(\bar{x}_1-\bar{x}_i)$; $\sum_{i=1}^{L}(\bar{x}_2-\bar{x}_i)$; ...; $\sum_{i=1}^{L}(\bar{x}_L-\bar{x}_i)$, которые можно записать в виде

$$\bar{x}_1-\frac{\sum_{i=1}^{L}\bar{x}_i,\ i\neq 1}{L-1};\quad \bar{x}_2-\frac{\sum_{i=1}^{L}\bar{x}_i,\ i\neq 2}{L-1};\quad \ldots;\quad \bar{x}_L-\frac{\sum_{i=1}^{L}\bar{x}_i,\ i\neq L}{L-1}. \qquad (7)$$

Наименьшей систематической погрешностью будет обладать то средство измерений, для которого вышеуказанная разность будет наименьшей.

3.4.1. За систематическую погрешность сличаемого средства измерений принимают разность средних арифметических показаний этого сличаемого средства измерений и средства измерений с наименьшей по абсолютному значению систематической погрешностью, используя уравнения (4).

3.5. Полученная оценка систематической погрешности подлежит введению в показания сличаемого средства измерений в виде поправки, если погрешность этой поправки пренебрежимо мала по сравнению с самой поправкой, т. е. выполняется условие

$$\bar{x}_i-\bar{x}_j>t\cdot\sqrt{\frac{(n_i-1)\cdot\hat{S}_i^2+(n_j-1)\cdot\hat{S}_j^2}{n_i+n_j-2}}\cdot\sqrt{\frac{n_i+n_j}{n_i\cdot n_j}}, \qquad (8)$$

где t — коэффициент Стьюдента с $f=n_i+n_j-2$ степенями свободы при $P=0{,}95$.

3.6. Для каждого сличаемого средства измерений определяют предварительно неисключенную систематическую погрешность в виде границы θ_i или доверительной границы $\theta_i(P)$. При этом следует учесть в качестве одной из составляющих систематической погрешности погрешность определения систематической погрешности сличаемого средства измерений θ_c, равную

$$\theta_c=2\cdot\sqrt{\hat{S}^2_{\bar{x}_i}+\hat{S}^2_{\bar{x}_j}}\cdot$$

3.7. Оцениваемые характеристики каждого сличаемого средства измерений, найденные по пп. 3.3.—3.6, записывают в виде

$$\eta_i,\ S_i,\ \theta_i, \qquad (9)$$

где η_i — систематическая погрешность i-го сличаемого средства измерений; θ_i — граница неисключенной систематической погрешности i-го сличаемого средства измерений.

Пример проведения сличения с целью нахождения оценок погрешностей средств измерений приведен в приложении 3.

4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СЛИЧЕНИЙ

4.1. На основании протоколов сличений предприятий-участников и анализа результатов измерений предприятие-организатор оформляет результаты сличений в виде свидетельства, форма которого приведена в приложении 4.

4.2. При контроле метрологических характеристик средств поверки в свидетельстве указывают следующее.

Если метрологические характеристики сличаемых средств поверки не превышают допускаемых значений, то подтверждается их метрологический статус.

Если метрологические характеристики сличаемых средств поверки превышают допускаемые значения, то дают рекомендации по исследованию (уточнению путем введения поправок) метрологических характеристик этих средств поверки или снижению их метрологического статуса.

При определении метрологических характеристик сличаемых средств измерений в свидетельстве указывают характеристику случайной погрешности, систематическую и неисключенную систематическую погрешности.

4.3. Свидетельства о сличениях предприятие-организатор высылает предприятиям-участникам.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1
Справочное

ПРОТОКОЛ СЛИЧЕНИЙ

1. Общие данные о сличаемом средстве измерений

_____
наименование, назначение, тип

_____
дата выпуска

_____
метрологические характеристики (СКО или

_____
доверительная граница случайной

_____
погрешности и др.)

_____
неисключенная систематическая

_____
погрешность

2. Экспериментальные данные, полученные при сличении

3. Результаты обработки

4. Исполнители _____
должность, фамилия, имя, отчество, подпись

ПРИЛОЖЕНИЕ 2
Справочное

Пример обработки экспериментальных данных, полученных в результате сличения меры с поверочными установками ЛГН центральной части РСФСР

Экспериментальные данные x_i в омах получены в результате измерения магазина сопротивления R 400 класса точности 0,02 (приведенная погрешность 0,02%) установками типа УПМС-5 разных поверочных лабораторий. В таблице представлены данные для 5 поверочных лабораторий. В каждой лаборатории выполнено по 9 измерений.

Номер измерения	Условный номер лаборатории государственного надзора				
	1	2	3	4	5
1	100,058	100,060	100,060	99,983	100,030
2	100,002	100,035	100,003	99,977	99,974
3	100,007	100,030	100,009	99,977	99,984
4	99,982	100,020	99,985	99,975	99,954
5	99,982	100,020	99,985	99,975	99,954
6	100,032	100,015	99,985	99,977	99,994
7	99,985	100,015	99,987	99,975	99,954
8	99,970	100,010	99,977	99,975	99,944
9	99,988	100,010	99,993	99,975	99,964
$\overline{x}$	100,0007	100,0239	99,9982	99,9766	99,9724
S^2	0,001306	0,000255	0,000853	0,0000068	0,000581
S	0,036	0,016	0,029	0,0026	0,024
$S_{\overline{x}^2}$	0,000145	0,000028	0,000095	0,00000075	0,000065
$S_{\overline{x}}$	0,012	0,0053	0,0097	0,0009	0,0080

В соответствии с требованиями п. 2.6 произведена статистическая обработка каждой группы экспериментальных данных. Номинальное значение измеряемой величины 100,000 Ом. Используя полученные статистические оценки, возможно оценить систематические погрешности для каждой установки. Они соответственно будут равны

$$\eta_1 = 0{,}001, \quad \eta_2 = 0{,}024, \quad \eta_3 = -0{,}002,$$
$$\eta_4 = -0{,}023, \quad \eta_5 = -0{,}028.$$

Систематическую погрешность следует учитывать, если она превышает погрешность ее определения, т. е. должны выполняться неравенства:

$$\eta_1 > t \cdot S_{\overline{x}_1}; \quad \eta_2 > t \cdot S_{\overline{x}_2}; \quad \eta_3 > t \cdot S_{\overline{x}_3}; \quad \eta_4 > t \cdot S_{\overline{x}_4}; \quad \eta_5 > t \cdot S_{\overline{x}_5},$$

где η_i — систематическая погрешность i-й установки; t — коэффициент Стьюдента, который для вероятности $P = 0{,}95$ и числа степеней свободы $f = n - 1 = 9 - 1 = 8$ равен 2,3; $S_{\overline{x}_i}$ — среднее квадратическое отклонение результата измерения на i-й установке.

Для установки № 1:

$\eta_1 = 0{,}001$; $\quad \Delta_1 = 2{,}3 \cdot 0{,}012 = 0{,}028$;

$0{,}001 < 0{,}028$.

Для установки № 2:

$\eta_2 = 0{,}024$; $\Delta_2 = 2{,}3 \cdot 0{,}0053 = 0{,}012$;

$0{,}024 > 0{,}012$.

Для установки № 3:

$\eta_3 = -0{,}002$; $\Delta_3 = 2{,}3 \cdot 0{,}0097 = 0{,}022$;

$|-0{,}002| < 0{,}022$.

Для установки № 4:

$\eta_4 = -0{,}023$; $\Delta_4 = 2{,}3 \cdot 0{,}001 = 0{,}0023$;

$|-0{,}023| > 0{,}0023$.

Для установки № 5:

$\eta_5 = -0{,}028$; $\Delta_5 = 2{,}3 \cdot 0{,}008 = 0{,}018$;

$|-0{,}028| > 0{,}018$.

Следовательно, только установки № 2, 4, 5 имеют систематические погрешности $\eta_2 = 0{,}024$; $\eta_4 = -0{,}023$; $\eta_5 = -0{,}028$. Систематическими погрешностями остальных установок можно пренебречь.

В результате контроля метрологических характеристик пяти средств поверки получены следующие данные

$S_1 = 0{,}036$, $\eta_1 = 0$,

$S_2 = 0{,}016$, $\eta_2 = 0{,}024$,

$S_3 = 0{,}029$, $\eta_3 = 0$,

$S_4 = 0{,}026$, $\eta_4 = -0{,}023$,

$S_5 = 0{,}024$, $\eta_5 = -0{,}028$.

Положим, что для метрологических характеристик установок предел допускаемого среднего квадратического отклонения $\sigma_{пр}$ равен 0,04, предел допускаемой систематической погрешности $\eta_{пр}$ равен 0,03.

Тогда вычисленные метрологические характеристики для каждой из установок будут меньше вышеуказанных допускаемых пределов, следовательно проверяемые установки сохраняют свой метрологический статус.

Пример проведения сличений с целью определения характеристик погрешностей сличаемых средств измерений

В результате попарного сличения установок типа УПМС-5 получили экспериментальные данные в омах, представленные в таблице.

x_1-x_2	x_1-x_3	x_1-x_4	x_1-x_5	x_2-x_3	x_2-x_4	x_2-x_5	x_3-x_4	x_3-x_5	x_4-x_5
—0,002	—0,002	0,075	0,028	0	0,077	0,030	0,077	0,030	—0,047
—0,033	—0,001	0,025	0,028	0,032	0,058	0,061	0,026	0,029	0,003
—0,023	—0,002	0,030	0,023	0,021	0,053	0,046	0,032	0,025	—0,007
—0,038	—0,003	0,007	0,028	0,035	0,045	0,066	0,010	0,031	0,021
—0,038	—0,003	0,007	0,028	0,035	0,045	0,066	0,010	0,031	0,021
0,017	0,047	0,055	0,038	0,030	0,038	0,021	0,008	—0,009	—0,017
—0,030	—0,002	0,010	0,031	0,028	0,040	0,061	0,012	0,033	0,021
—0,040	—0,007	—0,005	0,026	0,033	0,035	0,066	0,002	0,033	0,031
—0,022	—0,005	0,013	0,024	0,017	0,035	0,046	0,018	0,029	0,011

В соответствии с п. 3.2 результаты обработки можно представить в виде:

$$\overline{x_1}-\overline{x_2}=-0{,}023;$$

$$\overline{x_1}-\overline{x_3}=0{,}0024; \quad \overline{x_2}-\overline{x_3}=0{,}026;$$

$$\overline{x_1}-\overline{x_4}=0{,}024; \quad \overline{x_2}-\overline{x_4}=0{,}047; \quad \overline{x_3}-\overline{x_4}=0{,}022;$$

$$\overline{x_1}-\overline{x_5}=0{,}028; \quad \overline{x_2}-\overline{x_5}=0{,}051; \quad \overline{x_3}-\overline{x_5}=0{,}026; \quad \overline{x_4}-\overline{x_5}=0{,}004.$$

$S_1^2+S_2^2=0{,}000367$; $S_2^2+S_1^2=0{,}000367$; $S_3^2+S_1^2=0{,}000282$; $S_4^2+S_1^2=0{,}000667$;
$S_1^2+S_3^2=0{,}000282$; $S_2^2+S_3^2=0{,}000131$; $S_3^2+S_2^2-0{,}000131$; $S_4^2+S_2^2=0{,}000185$;
$S_1^2+S_4^2=0{,}000667$; $S_2^2+S_4^2=0{,}000185$; $S_3^2+S_4^2=0{,}000518$; $S_4^2+S_3^2=0{,}000518$;
$S_1^2+S_5^2=0{,}000019$; $S_2^2+S_5^2=0{,}000283$; $S_3^2+S_5^2=0{,}000177$; $S_4^2+S_5^2=0{,}000601$;
$S_5^2+S_1^2=0{,}000019$; $S_5^2+S_2^2=0{,}000283$; $S_5^2+S_3^2=0{,}000177$; $S_5^2+S_4^2=0{,}000601$.

В соответствии с требованием п. 3.3. по формуле (6) вычисляем оценку дисперсии случайной погрешности каждого сличаемого средства измерений.

$$\widehat{S}_2=\begin{vmatrix}\widehat{S}_1^2\\ \widehat{S}_2^2\\ \widehat{S}_3^2\\ \widehat{S}_4^2\\ \widehat{S}_5^2\end{vmatrix}=\frac{1}{2\ (5-1)\ (5-2)}\begin{pmatrix}7&-1&-1&-1&-1\\-1&7&-1&-1&-1\\-1&-1&7&-1&-1\\-1&-1&-1&7&-1\\-1&-1&-1&-1&7\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0{,}001335\\0{,}000966\\0{,}001108\\0{,}001971\\0{,}001080\end{pmatrix}=$$

$$=\frac{1}{24}\begin{pmatrix}4{,}22\cdot10^{-3}\\1{,}27\cdot10^{-3}\\2{,}40\cdot10^{-3}\\9{,}31\cdot10^{-3}\\2{,}18\cdot10^{-3}\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0{,}000176\\0{,}000053\\0{,}000100\\0{,}000388\\0{,}000091\end{pmatrix}.$$

Соответственно,

$$\widehat{S}_1^2=0{,}000176; \quad \widehat{S}_1=0{,}0133;$$
$$\widehat{S}_2^2=0{,}000053; \quad \widehat{S}_2=0{,}0073;$$
$$\widehat{S}_3^2=0{,}000100; \quad \widehat{S}_3=0{,}0100;$$
$$\widehat{S}_4^2=0{,}000388; \quad \widehat{S}_4=0{,}0197;$$
$$\widehat{S}_5^2=0{,}000091; \quad \widehat{S}_5=0{,}0095.$$

В соответствии с требованием п. 3.3.1. средние квадратические отклонения вычисленных оценок $\widehat{S}_i^2$ будут равны

$\widehat{S}_i^2$	0,00018	0,00005	0,00010	0,0004	0,00009
$S(\widehat{S}_i^2)$	0,00003	0,00004	0,00006	0,0002	0,00005

В соответствии с требованием п.п. 3.3.3., 3.3.4. пределы допускаемых значений средних квадратических отклонений (в омах) соответственно равны

$$\sigma_{1,\,пр}=1{,}7\cdot 0{,}0133\simeq 0{,}023; \quad \sigma_{2,\,пр}=1{,}7\cdot 0{,}0073\simeq 0{,}012;$$
$$\sigma_{3,\,пр}=1{,}7\cdot 0{,}0100\simeq 0{,}017; \quad \sigma_{4,\,пр}=1{,}7\cdot 0{,}0197\simeq 0{,}033;$$
$$\sigma_{5,\,пр}=1{,}7\cdot 0{,}0095\simeq 0{,}016.$$

В соответствии с п. 3.4. по формуле (7) определяем суммы

$$\bar{x}_1-\frac{\bar{x}_2+\bar{x}_3+\bar{x}_4+\bar{x}_5}{4}=\sum_{i=1}^{5}\frac{(\bar{x}_1-\bar{x}_i)}{4}=\frac{0{,}028+0{,}024+0{,}0024-0{,}023}{4}\simeq 0{,}0078;$$

$$\bar{x}_2-\frac{\bar{x}_1+\bar{x}_3+\bar{x}_4+\bar{x}_5}{4}=\sum_{i=1}^{5}\frac{(\bar{x}_2-\bar{x}_i)}{4}=\frac{0{,}023+0{,}026+0{,}047+0{,}051}{4}\simeq 0{,}0368;$$

$$\bar{x}_3-\frac{\bar{x}_1+\bar{x}_2+\bar{x}_4+\bar{x}_5}{4}=\sum_{i=1}^{5}\frac{(\bar{x}_3-\bar{x}_i)}{4}=\frac{-0{,}0024-0{,}026+0{,}022+0{,}026}{4}\simeq 0{,}0049;$$

$$\bar{x}_4-\frac{\bar{x}_1+\bar{x}_2+\bar{x}_3+\bar{x}_5}{4}=\sum_{i=1}^{5}\frac{(\bar{x}_4-\bar{x}_i)}{4}=\frac{-0{,}024-0{,}047-0{,}022+0{,}004}{4}\simeq -0{,}0222;$$

$$\bar{x}_5-\frac{\bar{x}_1+\bar{x}_2+\bar{x}_3+\bar{x}_4}{4}=\sum_{i=1}^{5}\frac{(\bar{x}_5-\bar{x}_i)}{4}=\frac{-0{,}028-0{,}051-0{,}026-0{,}004}{4}\simeq -0{,}0272.$$

Наименьшей систематической погрешностью обладает установка № 3, так как разность $\bar{x}_3-\frac{\sum_{i=1}^{5}\bar{x}_i,\ i\neq 3}{4}=0{,}0049$ имеет наименьшее по модулю значение.

В соответствии с требованиями п. 3.2 систематические погрешности установок № 2, № 3, № 4, № 5 будут равны соответственно

$$\eta_1=0{,}007; \quad \eta_3=0{,}005; \quad \eta_5=-0{,}021.$$
$$\eta_2=0{,}031; \quad \eta_4=-0{,}017.$$

Проверим, необходимо ли вычисленные систематические погрешности вводить в виде поправок в показания случаемых средств измерений. Для этого проверим выполнение неравенства (8).

Вычислим оценки дисперсий результатов измерений, получаемых на каждой из установок.

$$\widehat{S}^2_{\bar{x}_1}=0{,}000020; \quad \widehat{S}^2_{\bar{x}_2}=0{,}000006;$$

$$\widehat{S}^2_{\bar{x}_3}=0{,}000011; \quad \widehat{S}^2_{\bar{x}_4}=0{,}000043; \quad \widehat{S}^2_{\bar{x}_5}=0{,}000010.$$

Коэффициент Стьюдента при $P=0{,}95$ и $f=8$ равен 2,3.

Для установки № 1

$$\eta_1=0{,}007;\ t\cdot\sqrt{\widehat{S}^2_{\bar{x}_1}+\widehat{S}^2_{\bar{x}_3}}=2{,}3\cdot\sqrt{0{,}000031}\simeq 0{,}0128;$$

$$0{,}007<0{,}0128.$$

Для установки № 2

$$\eta_2=0{,}031;\ t\cdot\sqrt{\widehat{S}^2_{\bar{x}_2}+\widehat{S}^2_{\bar{x}_3}}=2{,}3\cdot\sqrt{0{,}000017}\simeq 0{,}0095;$$

$$0{,}031>0{,}0095.$$

Для установки № 4

$$\eta_4=-0{,}017;\ t\cdot\sqrt{\widehat{S}^2_{\bar{x}_1}+\widehat{S}^2_{\bar{x}_3}}=2{,}3\cdot\sqrt{0{,}000054}\simeq 0{,}0168;$$

$$|-0{,}017|>0{,}0168.$$

Для установки № 5

$$\eta_5=-0{,}021;\ t\cdot\sqrt{\widehat{S}^2_{\bar{x}_5}+\widehat{S}^2_{\bar{x}_3}}=2{,}3\cdot\sqrt{0{,}000021}\simeq 0{,}0105;$$

$$|-0{,}021|>0{,}0105.$$

Вышеизложенные вычисления и проверка неравенства (8) показали, что в показания установок № 2, 5 можно вводить поправки ∇ ($\nabla_2=-0{,}032$; $\nabla_4=-0{,}027$; $\nabla_5=0{,}021$). В показания установок № 1, 3, 4 вводить поправки нецелесообразно.

Предварительно следует определить неисключенные систематические погрешности каждой из случаемых установок. Так, например, если в установки № 2 и № 5 будут введены поправки, то следует погрешности этих поправок $\Delta_{\nabla_2}\simeq 0{,}0095$ и $\Delta_{\nabla_5}\simeq 0{,}0105$ включить в число составляющих неисключенных систематических погрешностей установок № 2, № 5 соответственно.

Оцениваемые метрологические характеристики случаемых средств измерений в соответствии с требованием п. 3.7 представляют в виде:

Для установки № 1	$\eta_1=0$;	$\sigma_{1,\text{пр}}=0{,}023$;
Для установки № 2	$\eta_2=0{,}031$;	$\sigma_{2,\text{пр}}=0{,}012$;
Для установки № 3	$\eta_3=0$;	$\sigma_{3,\text{пр}}=0{,}017$;
Для установки № 4	$\eta_4=0$;	$\sigma_{4,\text{пр}}=0{,}033$;
Для установки № 5	$\eta_5=-0{,}021$;	$\sigma_{5,\text{пр}}=0{,}016$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4
Справочное

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о сличении средства измерений

_____
(наименование, номер, тип)

Назначение средства измерений_____
(краткая характеристика объекта,

_____
для которого предназначено средство измерений; наименование

_____
измеряемых физических величин)

_____

Систематическая погрешность _____

Неисключенная систематическая погрешность _____
(граница, доверительная граница)

Случайные погрешности _____
(СКО или доверительная граница случайных погрешностей)

Выводы _____
(о случайной и систематической погрешности)

Рекомендации по исследованию, уточнению путем введения поправок метрологических характеристик средств поверки предприятий-участников _____

_____

Исполнители_____
(должность, фамилия, имя, отчество, подпись)

Подпись руководителя предприятия-организатора сличений.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

1. **РАЗРАБОТАНЫ НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»**

   ИСПОЛНИТЕЛИ:

   М. Н. Селиванов, канд. техн. наук (руководитель темы); **Ж. Ф. Кудряшова,** канд. техн. наук; **А. Г. Чуновкина**

2. **ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ Сектором законодательной метрологии НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»**

3. **УТВЕРЖДЕНЫ НПО «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» 18.02.86.**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности.

Основные правила

МИ 1832—88

Редактор *Н. А. Аргунова*
Технический редактор *М. И. Максимова*
Корректор *Е. А. Богачкова*

Н/К

Сдано в наб. 09.01.89 Подп. в печ. 05.05.89 Формат 60×90 1/16 Бумага типографская № 2
Гарнитура литературная Печать высокая 1,25 усл. п. л. 1,25 усл. кр.-отт. 0,92 уч.-изд. л.
Тир. 8 000 Цена 5 к. Изд. № 10456/4

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123557, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3.
Тип. «Московский печатник» Москва, Лялин пер., 6. Зак. 41

gost.e-ecolog.ru