Лекция № 8

Тема 4. Статистические методы обработки результатов измерений и контроля качества

4.1. Понятие многократного измерения
4.2. Обнаружение грубых погрешностей
4.3. Методы проверки нормальности распределения случайных погрешностей
4.4. Обработка прямых многократных измерений
4.5. Обработка прямых однократных измерений

Результаты тестов лекций по МСС

Группа АК 21- 1														
Ф.И.О.	Лекция 1		Лекция 2		Лекция 6		Лекция 4		Лекция 5		Лекция 6		Лекция 7	
Батомункуев	5	3	5	3	1	2								
Беспятых	4	2	3	2	5	3								
Биртанов	5	3	5	3	3	2								
Воробьева	4	2	2	2	4	2								
Гордеев	3	2	1	2										
Гадальшин														
Ефимов	4	2	5	3	5	3								
Жалсараев	6	4	4	2										
Колмаков	3	2	3	2	4	2								
Коровин	4	2	4	2	5	3								
Нимаев	4	2	1	2	3	2								
Санников	5	3	1	2	2	2								
Турчановский	3	2	4	2	4	2								
Шалапугин	5	3	5	3	3	2								

4.1. Понятие многократного измерения

Однократные измерения используют в тех случаях, если случайная составляющая погрешности мала по сравнению с не исключенными систематическими погрешностями или в тех случаях, если для их проведения есть производственная необходимость (условия измерении не позволяют провести повторные измерения).

При повышенных требованиях к точности измерений для уменьшения погрешности результата измерений проводятся многократные измерения одной и той же величины.

Эти однократные измерения повторяются оператором в одинаковых условиях одними и теми же средствами измерений. Такие измерения применяют при выполнении метрологических работ, а также в научных исследованиях. По результатам многократных измерений проводится анализ, главной особенностью которого является получение и использование большого объема измерительной информации.

4.1. Понятие многократного измерения

Последовательность выполнения многократных измерений одной и той же величины:

- анализ имеющейся информации и подготовки к измерениям;
- получение отсчета x_i ;
- получение n значений показаний X_i;
- внесение поправок и получение n значений результатов измерений Q_i;
- оценка среднего значения результатов измерений;
- оценка среднего квадратического отклонения результата измерения σ;
- оценка среднего квадратического отклонения среднего арифметичесческого значения $\sigma_{\tilde{X}}$;
- определение пределов, в которых находится значение измеряемой величины $\left[X - \varepsilon < X < X + \varepsilon\right]$.

4.2. Обнаружение грубых погрешностей

Сравнение абсолютной погрешности «подозрительного» наблюдения $\Delta_i = x_i - \overline{x}$ с максимальной погрешностью $\Delta x_{max} = 3\sigma$. Если $\Delta > 3\sigma$, этот результат следует отбросить и вновь вычислить значения $\overline{x}$ и σ. Этот способ основан на том, что вероятность появления значения, отклоняющегося от среднего арифметического более чем на 3σ , равна 0,003.

ГОСТ устанавливает правила оценки результатов наблюдений, содержащих грубые погрешности.

Алгоритм обнаружения грубых погрешностей:

1. Результаты наблюдений располагают в вариационный ряд $x_1 < x_2 < x_3 < ... < x_n$ и подсчитывают среднее арифметическое значение

$$\overline{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + ... + x_n}{n}$$

4.2. Обнаружение грубых погрешностей

2. Подсчитывают оценку среднего квадратического отклонения

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

3. Для оценки результатов x_1 и x_n находят отношения

$$k_1 = \left|\frac{x_1 - \overline{x}}{\sigma}\right| \qquad k_n = \left|\frac{x_n - \overline{x}}{\sigma}\right|$$

4. Результат сравнивают со значением *β* взятым из таблицы для данного числа измерений и некоторого числа *q,* называемого ***уровнем значимости***. Обычно *q* выбирают равным 0,10 или 0,05. $q = 1 - P$

4.2. Обнаружение грубых погрешностей

Число измерений	Предельное значение β при уровне значимости q			
	0, 100	0, 075	0,050	0,025
3	1, 15	1,15	1,15	1,15
4	1,42	1,44	1,46	1,48
5	1,60	1,64	1,67	1,72
6	1,73	1,77	1,82	1,89
7	1,83	1,88	1,94	2,02
8	1,91	1,96	2,03	2,13
9	1,98	2,04	2,11	2,21
10	2,03	2,10	2,18	2,29
11	2,09	2,14	2,23	2,36
12	2,13	2,20	2,29	2,41

5. Если $k_1 > \beta$, то результат содержит грубую погрешность и должен быть исключен. Аналогично поступают с результатом x_n.

4.3. Методы проверки нормальности распределения случайных погрешностей

Критерии проверки гипотезы *нормальности распределения случайных погрешностей*

При числе наблюдений (n > 50)

- критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2) для группированных наблюдений

- критерий Р. Мозеса – Н. Смирнова (критерий ω^2) для негруппированных наблюдений

При числе наблюдений $15 < n < 50$ – составной критерий

Критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2)

Идея критерия χ^2 :

контроль отклонений гистограммы экспериментальных данных от гистограммы с таким же числом интервалов, построенной на основе нормального распределения.

Сумма квадратов разностей частот по интервалам не должна превышать значений χ^2, для которых составлены специальные таблицы в зависимости от уровня значимости критерия q и числа степеней свободы $k = l - 3$, где l - число интервалов.

Алгоритм критерия χ^2

$$\left.\begin{aligned} &1. \quad \bar{x} = \frac{\sum_{1}^{n} x_i}{n}; \\ &2. \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \end{aligned}\right\}$$

Критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2)

3. Группируют наблюдения по интервалам. При числе наблюдений 40 – 100 обычно принимают 5 – 9 интервалов. Для каждого интервала вычисляют среднее арифметическое и подсчитывают число наблюдений *m*, попавшее в каждый интервал.

4. Вычисляют число наблюдений $m_т$ для каждого из интервалов, теоретически соответствующее нормальному распределению. Для этого сначала от реальных середин интервалов переходят к нормированным t_i:

$$t_i = \frac{\bar{x}_{i0} - \bar{x}}{\sigma}$$

Затем для каждого значения t_i находят значение функции плотности вероятностей:

$$\varphi(t_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

Критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2)

Вычисление $\varphi(t_i)$ ведется по данным таблицы 6.1 плотности вероятности нормального распределения [$\varphi(x)$] и функции Лапласа [$\Phi(x)$].

x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$	x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$	x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$
0,00	0,3989	0,0000	1,2	0,1942	0,3643	2,4	0,0224	0,4893
0,1	0,3970	0,0398	1,30	0,1714	0,4032	2,50	0,0175	0,4938
0,2	0,3910	0,0793	1,40	0,1497	0,4192	2,60	0,0136	0,4953
0,3	0,3814	0,1179	1,50	0,1295	0,4332	2,70	0,0104	0,4965
0,4	0,3683	0,1554	1,60	0,1109	0,4452	2,80	0,0079	0,4974
0,5	0,3521	0,1915	1,70	0,0940	0,4554	2,90	0,0060	0,4981
0,6	0,3332	0,2257	1,80	0,0790	0,4641	3,00	0,00443	0,49865
0,7	0,3123	0,2580	1,90	0,0656	0,4713	3,50	0,00087	0,49977
0,8	0,2897	0,2881	2,00	0,0540	0,4772	4,00	0,00013	0,49997
0,9	0,2661	0,3159	2,10	0,0440	0,4821	4,50	0,00002	0,49999
1,0	0,2420	0,3413	2,20	0,0350	0,4861	5,00	0,0000	0,499999
1,1	0,2179	0,3643	2,30	0,0283	0,4893			

Вычисляют ту часть φ_i общего числа имеющихся наблюдений, которая теоретически должна быть в каждом из интервалов

$$\varphi_{i\,\text{т}} = n \cdot \frac{h}{\sigma} \cdot \varphi(t_i)$$

n — общее число наблюдений; $h = x_{i0+1} - x_{i0}$ - длина интервала, принятая при построении гистограммы.

Критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2)

5. Если в какой-либо интервал теоретически попадает меньше 5 наблюдений, то его в обеих гистограммах соединяют с соседним интервалом. Затем вычисляют число степеней свободы $k = l - 3$, где l - общее число интервалов.

6. Вычисляют показатель разности частот χ^2

$$\chi^2 = \sum_{1}^{l} \chi_i^2 \qquad \chi_i^2 = \frac{\left(\varphi_i - \varphi_{i\,m}\right)^2}{\varphi_{i\,m}}$$

7. Выбирают уровень значимости критерия *q.* Он должен быть достаточно малым, чтобы была мала вероятность отклонить правильную гипотезу.

По уровню значимости *q* и числу степеней свободы *k* по таблице для χ^2 распределения находят границу критической области χ_q^2, так что $P\left\{\chi^2 > \chi_q^2\right\} = q$

Критерий согласия К. Пирсона (критерий χ^2)

Вероятность того, что получаемое значение χ^2 превышает χ_q^2, равна q и мала. Поэтому, если оказывается, что $\chi^2 > \chi_q^2$, то гипотеза о нормальности принимается.

Число степеней свободы $k = l - 3$	Уровень значимости q						
	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5
1	0,00016	0,00063	0,00393	0,0158	0,0642	0,148	0,455
2	0,0201	0,0404	0,103	0,211	0,446	0,713	1,386
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	1,424	2,366
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	2,195	3,357
5	0,554	0,752	1,145	1,610	2,343	3,000	4,351
6	0,842	1,134	1,635	2,204	3,070	3,828	5,348
7	1,239	1,564	2,167	2,833	3,822	4,671	6,346
8	1,646	2,032	2,733	3,490	4,594	5,527	7,344
9	2,088	2,532	3,325	4,168	5,380	6,393	8,343
10	2,558	3,059	3,940	4,865	6,179	7,267	9,342

Чем меньше q, тем при том же k меньше значение χ_q^2, тем легче выполняется условие $\chi^2 > \chi_q^2$, и принимается проверяемая гипотеза.

Обычно используют ограниченный уровень значимости

$$0{,}02 \le q \le 0{,}1$$

Составной критерий $15 < n < 50$

Критерий 1.

1. $$\overline{d} = \frac{\sum_{1}^{n}\left|x_i - \overline{x}\right|}{n \cdot S^*}$$ $$S^* = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n}}$$

S^* - смещенная оценка СКО

2. Выбирают уровни значимости критерия q и по таблице 6.3 значений q – процентных точек распределения находят квантили распределения $d_{q_1/2}, d_{1-q_1/2}$.

Число наблюдений	при q/2, %			при 1 - q/2, %		
	1	5	10	90	95	99
11	0,9359	0,9073	0,8899	0,7409	0,7153	0,6675
16	0,9137	0,8884	0,8733	0,7452	0,7236	0,6829
21	0,9001	0,8768	0,8631	0,7495	0,7304	0,6950
26	0,8901	0,8686	0,8570	0,7530	0,7360	0,7040
31	0,8827	0,8625	0,8511	0,7559	0,7404	0,7110
36	0,8769	0,8578	0,8468	0,7553	0,7440	0,7167
41	0,8722	0,8540	0,8436	0,7604	0,7470	0,7216
46	0,8682	0,8508	0,8409	0,7621	0,7496	0,7256
51	0,8648	0,8481	0,8385	0,7636	0,7518	0,7291

Гипотеза не отвергается, если

$$d_{1-q_1/2} \le \overline{d} \le d_{q_1/2}$$

Составной критерий $15 < n < 50$

Критерий 2 (введен дополнительно для проверки «концов» распределений).

Гипотеза о нормальности по критерию 2 не отвергается, если не более *m* разностей $\boxed{\left|x_i - \bar{x}\right|}$ превзошли $t_{p/2}\sigma$, где σ вычисляется, по формуле

$$\boxed{\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}}$$

$t_{p/2}$ - верхняя квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности p/2, вычисляется по таблице 6.1.

Значение вероятности *p* и число *m* разностей по выбранному уровню значимости *q* и числу результатов наблюдений *n* определяется из таблицы 6.4.

Составной критерий $15 < n < 50$

n	m	Уровень значимости q		
		0,01	0,02	0,05
10	1	0,98	0,98	0,96
11-14	1	0,99	0,98	0,97
15-20	1	0,99	0,99	0,98
21-22	2	0,98	0,97	0,96
23	2	0,98	0,98	0,96
24-27	2	0,98	0,98	0,97
28-32	2	0,99	0,98	0,97
33-35	2	0,99	0,98	0,98
36-49	2	0,99	0,99	0,98

Таблица 6.4

Далее из таблицы 6.1 определяется $t_{p/2} = x$, соответствующее $\Phi(x) = p/2$

Таблица 6.1

x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$	x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$	x	$\varphi(x)$	$\Phi(x)$
0,00	0,3989	0,0000	1,2	0,1942	0,3643	2,4	0,0224	0,4893
0,1	0,3970	0,0398	1,30	0,1714	0,4032	2,50	0,0175	0,4938
0,2	0,3910	0,0793	1,40	0,1497	0,4192	2,60	0,0136	0,4953
0,3	0,3814	0,1179	1,50	0,1295	0,4332	2,70	0,0104	0,4965
0,4	0,3683	0,1554	1,60	0,1109	0,4452	2,80	0,0079	0,4974
0,5	0,3521	0,1915	1,70	0,0940	0,4554	2,90	0,0060	0,4981
0,6	0,3332	0,2257	1,80	0,0790	0,4641	3,00	0,00443	0,49865
0,7	0,3123	0,2580	1,90	0,0656	0,4713	3,50	0,00087	0,49977
0,8	0,2897	0,2881	2,00	0,0540	0,4772	4,00	0,00013	0,49997
0,9	0,2661	0,3159	2,10	0,0440	0,4821	4,50	0,00002	0,49999
1,0	0,2420	0,3413	2,20	0,0350	0,4861	5,00	0,0000	0,499999
1,1	0,2179	0,3643	2,30	0,0283	0,4893			

Составной критерий $15 < n < 50$

Таблица 6.4

n	m	Уровень значимости q		
		0,01	0,02	0,05
10	1	0,98	0,98	0,96
11-14	1	0,99	0,98	0,97
15-20	1	0,99	0,99	0,98
21-22	2	0,98	0,97	0,96
23	2	0,98	0,98	0,96
24-27	2	0,98	0,98	0,97
28-32	2	0,99	0,98	0,97
33-35	2	0,99	0,98	0,98
36-49	2	0,99	0,99	0,98

При $10 < n < 20$ следует принимать $m = 1$. Если $50 > n > 20$, то $m = 2$.

Если число разностей $\boxed{\left|x_i - \bar{x}\right|}$, больших $t_{p/2}$ σ превышает m, то гипотеза о нормальности отвергается

Гипотеза о нормальности принимается, если для проверяемой группы данных выполняются оба критерия.

4.4. Обработка прямых многократных измерений

Алгоритм обработки

1. Исключают из результатов наблюдений известные систематические погрешности. Если все результаты наблюдений x_i отягощены одинаковой погрешностью Δx , сначала вычисляют среднее арифметическое неисправленных результатов измерений

$$\tilde{x} = \sum_{1}^{n} \tilde{x}_i / n$$

а затем исправленный результат измерений $\bar{x} = \tilde{x} - \Delta x$

2. Обнаруживают грубые погрешности

$$t_1 = \frac{\bar{x} - x_{min}}{\sigma} \qquad t_2 = \frac{x_{max} - \bar{x}}{\sigma}$$

Если $t_i > \beta$ x_i *- исключить*

3. Вычисляют среднее арифметическое исправленных результатов наблюдений:

$$\bar{x} = \sum_{1}^{n} x_i / n$$

Алгоритм обработки

4. Вычисляют оценку среднего квадратического отклонения результата измерений

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}{n-1}}$$

5. Рассчитывают оценку среднего квадратического отклонения среднего арифметического значения

$$\tilde{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

6. Проверка гипотезы нормального распределения. При числе результатов измерений n > 50 используют критерии ω^2 или χ^2. Если n < 50, то используют составной критерий.

7. Определяют доверительные границы ε случайной погрешности результата измерений

$$t_e \tilde{\sigma}_{\bar{x}} = \varepsilon$$

t_e – коэффициент, определяемый по таблице распределения Стьюдента по заданной доверительной вероятности P и числу наблюдений n.

Алгоритм обработки

8. Определение границ *Θ* не исключенной систематической погрешности. Если известно, что погрешность результата измерений определяется рядом составляющих не исключенных систематических погрешностей, каждая из которых имеет свои доверительные границы, то при неизвестных законах распределения их границы суммарной погрешности находят по формуле

$$\Theta = k\sqrt{\sum_{1}^{m}\Theta_i^2}$$

m – число не исключенных систематических составляющих погрешностей результата измерения; *k* = 1,1 при *P* = 0,95 и *k* = 1,4 при *P* = 0,99, и зависящий от числа составляющих не исключенных систематических погрешностей.

9. Вычисление доверительных границы погрешности результата измерения

$$\Theta / \tilde{\sigma}_{\bar{x}} < 0,8 \qquad \Delta = \varepsilon$$

$$\Theta / \tilde{\sigma}_{\bar{x}} > 8 \qquad \Delta = \Theta$$

Алгоритм обработки

10. Если $0{,}8 < \Theta / \tilde{\sigma}_{\bar{x}} < 8$, то при определении границ погрешности Δ следует учитывать и случайную и систематическую составляющие

$$\Delta = \pm k \cdot S_{\Sigma}$$

$$k = \frac{\varepsilon + \Theta}{\tilde{\sigma}_{\bar{x}} + \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{1}^{m}\Theta_i^2}}$$

коэффициент, зависящий от соотношения случайной и не исключенной систематической погрешностей;

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{1}^{m}\Theta_i^2 + \tilde{\sigma}^2_{\bar{x}}}$$

оценка суммарного среднего квадратического отклонения результата измерения

11. Представляют результат измерения и погрешности для случая симметричных доверительных границ в форме $x = (\bar{x} \pm \Delta)$ *P*. Числовое значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ.

4.5. Обработка прямых однократных измерений

Методика обработки результатов прямых однократных измерений приведена в рекомендациях МИ 1552–86 «ГСИ. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей результатов измерений».

Данная методика применима при выполнении следующих условий:

- составляющие погрешности известны;
- случайные составляющие распределены по нормальному закону, а не исключенные систематические, заданные своими границами θ_i , – равномерно.

До измерения должна быть проведена априорная оценка составляющих погрешности с использованием всех доступных данных. Если известны систематические погрешности, то их надо исключить введением поправок. При определении доверительных границ погрешности результата измерений доверительная вероятность принимается, как правило, равной 0,95.

За результат прямого однократного измерения принимается полученная величина.

4.5. Обработка прямых однократных измерений

Составляющими погрешности прямых однократных измерений являются:

• погрешности СИ, рассчитываемые по их метрологическим характеристикам;

• погрешность используемого метода измерений, определяемая на основе анализа в каждом конкретном случае;

• личная погрешность, вносимая конкретным оператором. Если последние две составляющие не превышают 15% погрешности СИ, то за погрешность результата однократного измерения принимают погрешность используемого СИ. Данная ситуация весьма часто имеет место на практике.

Названные составляющие могут состоять из неисключенных систематических и случайных погрешностей. При наличии нескольких систематических погрешностей, заданных своими границами **$\pm\theta_i$** либо доверительными границами **$\pm\theta_i(P)$**, доверительная граница результата измерения соответственно может быть рассчитана по формуле

$$\Theta = k\sqrt{\sum_{1}^{m}\Theta_i^2}$$

4.5. Обработка прямых однократных измерений

$$\Theta = k\sqrt{\sum_{1}^{m}\Theta_i^2}$$

m – число неисключенных систематических составляющих погрешностей результата измерения; *k* = 1,1 при *P* = 0,95 и *k* = 1,4 при *P* = 0,99, и зависящий от числа составляющих неисключенных систематических погрешностей.

Случайные составляющие погрешности результата измерений выражаются либо своими СКО σ_x, либо доверительными границами $\pm\varepsilon(P)$.

В первом случае доверительная граница случайной составляющей погрешности результата прямого однократного измерения определяется через его СКО σ_x:

$$\varepsilon = z_p\sigma_x$$

4.5. Обработка прямых однократных измерений

$$\varepsilon = z_p \sigma_x$$

где z_P – точка нормированной функции Лапласа, отвечающей вероятности P. При P = 0,95 z_p = 2.

Если СКО $\boldsymbol{\sigma}$ определены экспериментально при небольшом числе измерений (n <30), то в данной формуле вместо коэффициента z_p следует использовать коэффициент Стьюдента

$$\varepsilon = t_p \sigma_x$$

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 1 ***(выберите один вариант ответа*)**

При измерении температуры *T* в помещении термометр показывает 26 °С. Среднее квадратическое отклонение показаний σ = 0,3 °С. Систематическая погрешность измерения ΔS = + 0,5 °С. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с вероятностью P = 0,9973 (t_P =3).

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 25,7 °С ≤ *T* ≤ 26,3 °С, Р = 0,9973
2 25,2 °С ≤ *T* ≤ 26,8 °С, Р = 0,9973
3 25,6 °С ≤ *T* ≤ 27,4 °С, Р = 0,9973
4 24,6 °С ≤ T ≤ 26,4 °С, Р = 0,9973

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 2 ***(выберите один вариант ответа*****)**

При каком соотношении $\Theta/\tilde{\sigma}_{\bar{x}}$ пренебрегают не исключенными систематическими погрешностями

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 $\Theta/\tilde{\sigma}_{\bar{x}} < 0{,}8$

2 $0{,}8 < \Theta/\tilde{\sigma}_{\bar{x}} < 8$

3 $\Theta/\tilde{\sigma}_{\bar{x}} > 0{,}8$

4 $\Theta/\tilde{\sigma}_{\bar{x}} = 0{,}8$

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 3 ***(выберите один вариант ответа*)**

При многократном взвешивании массы m получены значения в кг: 94; 98; 101; 96; 94; 93; 97; 95; 96. Доверительный интервал для истинного значения массы с вероятностью $p = 0{,}98$ ($t_p = 2{,}986$) равен …

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 $m = 96 \pm 3$ кг, $P = 0{,}98$

2 $m = 96{,}0 \pm 2{,}4$ кг, $P = 0{,}98$

3 $m = 97{,}0 \pm 2{,}4$ кг, $P = 0{,}98$

4 $m = 96{,}0 \pm 6{,}6$ кг, $t_p = 2{,}986$

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 4 ***(выберите один вариант ответа)***

При многократном измерении отверстия получены отклонения от настроенного размера *D* в мкм: 0, +1, +2, +3, +1, -1. При вероятности P = 0,982 коэффициент Стьюдента t_P = 3,465. Доверительные границы измеряемой величины следует записать …

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 - 4 мкм ≤ *D* ≤ +6 мкм, P = 0,982

2 - 2 мкм ≤ *D* ≤ +3 мкм, P = 0,982

3 - 1 мкм ≤ D ≤ +3 мкм, P = 0,982

4 - 1 мкм ≤ *D* ≤ +3 мкм, t_P = 3,465

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 5 *(выберите один вариант ответа)*

При многократном измерении постоянного напряжения U получены значения в В: 14,2; 13,8; 14,0; 14,8; 13,9; 14,1; 14,5; 14,3. Доверительный интервал для истинного значения напряжения вероятностью $p = 0,99$ ($t_p = 3,499$) равен …

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 $U = 14,3 \pm 0,4$ В, $P = 0,99$

2 $U = 14,2 \pm 1,1$ В, $t_p = 3,499$

3 $U = 14,2 \pm 0,3$ В, $P = 0,99$

4 $U = 14,2 \pm 0,4$ В, $P = 0,99$

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 6 ***(выберите один вариант ответа)***

При измерении усилия динамометр показывает 1000 Н, погрешность градуировки равна (- 50 Н). Среднее квадратическое отклонение показаний σ_F = 10 Н. Доверительный интервал для истинного значения измеряемого усилия с вероятностью р = 0,9544 (t_p = 2) равен …

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 F = 1000 ± 20 Н, t_p = 2

2 F = 950 ± 20 Н, Р = 0,9544

3 F = 1000 ± 60 Н, Р = 0,9544

4 F = 1050 ± 20 Н, Р = 0,9544

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 7 *(выберите один вариант ответа*)

Уменьшение влияния случайных погрешностей на результат измерения достигается:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 проведением поверки средства измерений

2 многократными измерениями величины в одинаковых условиях

3 методом противопоставлений

Проверка усвоения материала лекции 8

ЗАДАНИЕ № 8 ***(выберите один вариант ответа*)**

Для определения границ не исключенной систематической погрешности используют формулу $\Theta = k\sqrt{\sum_{1}^{m}\Theta_i^2}$. Что обозначает число *m* в этой формуле:

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1 число средств измерений

2 доверительную вероятность

3 число не исключенных систематических погрешностей

4 доверительный интервал