

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к практическому занятию
по дисциплинам «**Метрология, стандартизация и сертификация
в горном деле**» для обучающихся специальности
21.05.04 «Горное дело», «**Метрология, стандартизация
и сертификация**» для обучающихся направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»,
«**Метрология и сертификация**» для обучающихся направления подготов-
ки 27.03.02 «Управление качеством»
всех форм обучения

Составитель Д. М. Дубинкин

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 1 от 29.08.2018

Рекомендованы к изданию
учебно-методической комиссией
направления 27.03.02
Протокол № 1 от 05.09.2018

Электронная копия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2018

1. ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ

Получение навыков стандартной обработки прямых измерений с однократными и многократными наблюдениями, и оценивания погрешностей результата измерения.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Наука начинается, когда начинают измерять, а получив результаты измерений их необходимо обработать и определить оценку измеряемой величины и доверительного интервала. В настоящее время для обработки результатов измерений используют методы математической статистики и теории вероятностей. Математическая статистика: дает возможность оценивать параметры генеральных совокупностей и устанавливать для них доверительные пределы по весьма малым выборкам; дает оценку точности полученных зависимостей, а также вероятности наличия тех или иных связей или полученных значений.

В Российской Федерации действуют нормативные документы в области метрологии (обеспечения единства измерений) регламентирующие методы обработки результатов измерений:

– ГОСТ Р 8.736 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения» [1].

– Р 50.2.038 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений» [2].

– МИ 2083 «Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей» [3].

При постановке измерительного эксперимента, необходимо определить, какие по числу измерений однократные или многократные измерения следует осуществлять для определения значения измеряемой физической величины:

– если систематическая погрешность является определяющей, т.е. ее значение существенно больше значения случайной погрешности, то целесообразно использовать однократные измерения для получения значения измеряемой величины;

– если случайная погрешность является определяющей, то необходимо использовать многократные измерения.

Применение методов математической статистики и теории вероятностей позволяет получить корректные результаты только в том случае, когда из результатов измерений исключены погрешности, поэтому предполагают что:

– результаты измерений являются исправленными, т.е. из них исключена известная систематическая погрешность;

– не исключенные систематические погрешности настолько малы, что ими можно пренебречь;

– результаты измерений являются равнодисперсными величинами, т.е. экспериментальные данные получаются при выполнении измерений одним оператором с помощью одних и тех же средств измерений;

– из результатов измерений исключены грубые погрешности.

Алгоритм обработки прямых многократных результатов измерений

1. Получить число измерений (n).

2. Принять значения доверительной вероятности (P_d) (для технических измерений $P_d = 0,95$) и определить коэффициент Стьюдента (t_p) в зависимости от доверительной вероятности (P_d) и числа измерений (n) по таблице распределения Стьюдента [5, 6].

3. Определить и исключить ошибочные результаты измерений (грубые погрешности) по критерию Граббса [1, 7], формула (1). Статистический критерий Граббса исключения грубых погрешностей основан на предположении о том, что группа результатов измерений принадлежит нормальному распределению. Для этого вычисляют критерии Граббса G_1 и G_2 , предполагая, что наибольший X_{\max} или наименьший X_{\min} результат измерений вызван грубыми погрешностями:

$$G_1 = \frac{|X_{\max} - \bar{X}|}{S}, G_2 = \frac{|\bar{X} - X_{\min}|}{S} \quad (1)$$

где \bar{X} – среднее арифметическое результатов измерений, рассчитывается по формуле (2); S – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, находится по формуле (3).

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Сравнивают G_1 и G_2 с теоретическим значением G_T критерия Граббса при выбранном уровне значимости q . Критические значения критерия Граббса приведены в таблице 1.

Если $G_1 > G_T$ или $G_2 > G_T$, то X_{\max} или X_{\min} исключают как маловероятное значение. Далее вновь вычисляют среднее арифметическое (2) и среднее квадратическое отклонения (3) ряда результатов измерений и процедуру проверки наличия грубых погрешностей повторяют.

Если $G_1 < G_T$ или $G_2 < G_T$, то X_{\max} или X_{\min} не считают промахом и его сохраняют в ряду результатов измерений.

Возможно использование и других критериев исключения ошибочных результатов измерений (грубых погрешностей).

4. Исключить известные систематические погрешности (∇) из исправленных результатов измерений (X_i):

$$X_i^\nabla = X_i - (\nabla) \quad (4)$$

5. Вычислить среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений:

$$\bar{X}^\nabla = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^\nabla \quad (5)$$

6. Вычислить среднее квадратическое отклонение результатов измерений:

$$S^\nabla = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla)^2}{n-1}} \quad (6)$$

Критические значения G_T для критерия Граббса

n	Одно наибольшее или одно наименьшее значение при уровне значимости q	
	Свыше 1%	Свыше 5%
3	1,155	1,155
4	1,496	1,481
5	1,764	1,715
6	1,973	1,887
7	2,139	2,020
8	2,274	2,126
9	2,387	2,215
10	2,482	2,290
11	2,564	2,355
12	2,636	2,412
13	2,699	2,462
14	2,755	2,507
15	2,806	2,549
16	2,852	2,585
17	2,894	2,620
18	2,932	2,651
19	2,968	2,681
20	3,001	2,709
21	3,031	2,733
22	3,060	2,758
23	3,087	2,781
24	3,112	2,802
25	3,135	2,822
26	3,157	2,841
27	3,178	2,859
28	3,199	2,876
29	3,218	2,893
30	3,236	2,908
31	3,253	2,924
32	3,270	2,938
33	3,286	2,952
34	3,301	2,965
36	3,330	2,991
38	3,356	3,014
40	3,381	3,036

7. Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценку измеряемой величины):

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla})^2}{(n-1) \cdot n}} = \frac{S^{\nabla}}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

8. Проверить гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению.

При $n \leq 15$ гипотеза о принадлежности результатов наблюдений к какому-либо распределению не проверяется. Если не известно распределение погрешностей оценки искомой величины, то способы нахождения доверительных границ случайной погрешности могут быть указаны в методике измерений с учетом того, что подобные измерения повторяют.

При числе результатов измерений $15 < n \leq 50$ производят приближенную проверку их принадлежности к нормальному распределению путем использования составного критерия [1, 5]. Данный критерий рассмотрен ниже и принят для решения задач при выполнении самостоятельной работы.

В случае проверки принадлежности результатов наблюдений к нормальному распределению предпочтительным, при числе результатов $n > 50$, является один из критериев: χ^2 (Пирсона) или ω^2 Мизеса-Смирнова [5].

9. Определить доверительные границы случайной погрешности:

$$\varepsilon = \pm t_P \cdot S_{\bar{X}} \quad (8)$$

10. Записать результат измерений с использованием правил округления в виде

$$\bar{X}^{\nabla} \pm \varepsilon \quad \text{или} \quad \bar{X}^{\nabla} - \varepsilon \leq \bar{X}^{\nabla} \leq \bar{X}^{\nabla} + \varepsilon, P_d \quad (9)$$

Алгоритм обработки прямых однократных результатов измерений

1. Исключить известные систематические погрешности (∇) из результата измерения по формуле (4).

2. Принять значения доверительной вероятности (P_d) и определить коэффициент Стьюдента (t_p).

3. Определить доверительные границы случайной погрешности по формуле (8).

4. Записать результат измерений с использованием правил округления по формуле (9).

Результаты однократных измерений являются случайными величинами, но из-за незнания закона распределения величины не могут быть подвергнуты статистической обработке. Погрешность результата однократного измерения определяется при утверждении метода проведения измерений и рассматривается как случайная. Для исключения получения промахов (грубых погрешностей), при однократных измерениях допускается проведение 2÷3 замеров с нахождением среднего арифметического результата измерения по формуле (2), но без последующей статистической обработки.

Проверка гипотезы о нормальности распределения результатов измерений при числе результатов измерений $15 < n < 50$

Нормальность распределения результатов измерений проверяют с помощью составного критерия 1 и 2. При несоблюдении хотя бы одного из критериев считают, что распределение результатов измерений группы не соответствует нормальному.

Критерий 1:

Вычислить отношение:

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot S^{\nabla}} \quad (10)$$

где S^{∇} – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, находится по формуле (6).

Результаты измерений в ряду считают распределенными нормально, если:

$$d_{1-q/2} < \tilde{d} \leq d_{q/2} \quad (11)$$

где $d_{1-q/2}$ и $d_{q/2}$ – квантили распределения, определяются по таблице 2 в зависимости от числа измерений (n).

Таблица 2

Квантили $d_{1-q/2}$ и $d_{q/2}$ распределения

n	$(q/2) \cdot 100\%$		$(1 - q/2) \cdot 100\%$	
	1%	5%	95%	99%
16	0,9137	0,8884	0,7236	0,6829
21	0,9001	0,8768	0,7304	0,6950
26	0,8901	0,8686	0,7360	0,7040
31	0,8826	0,8625	0,7404	0,7110
36	0,8769	0,8578	0,7440	0,7167
41	0,8722	0,8540	0,7470	0,7216
46	0,8682	0,8508	0,7496	0,7256

Критерий 2:

Считаем, что результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению, если не более m разностей $(X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla)$ превзошли значение $Z_{P/2} \cdot S^\nabla$:

$$(X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla) < Z_{P/2} \cdot S^\nabla \quad (12)$$

где S^∇ – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, находится по формуле (6); $Z_{P/2}$ – верхняя квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности $P/2$.

Значения вероятности P определяют из таблицы 3 по выбранному уровню значимости q и числу результатов измерений n .

Зависимость $Z_{P/2}$ от P приведена в таблице 4.

Таблица 3

Значения P для вычисления $Z_{P/2}$

n	m	$q \cdot 100\%$		
		1%	2%	5%
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 4

Значения $Z_{P/2}$

P	0,96	0,97	0,98	0,99
$P / 2$	0,48	0,485	0,49	0,495
$Z_{P/2}$	2,054	2,17	2,33	2,575

Правила округления при обработке результатов измерений

1. Точность результатов измерений и точность вычислений при обработке результатов измерений должны быть согласованы с требуемой точностью получаемой оценки измеряемой величины.

2. Погрешность оценки измеряемой величины следует выражать не более чем двумя значащими цифрами. Две значащие цифры в погрешности оценки измеряемой величины сохраняют:

- при точных измерениях;
- если первая значащая цифра не более трех.

3. Число цифр в промежуточных вычислениях при обработке результатов измерений должно быть на две больше, чем в окончательном результате.

4. Погрешность при промежуточных вычислениях должна быть выражена не более чем тремя значащими цифрами.

5. Сохраняемую значащую цифру в погрешности оценки измеряемой величины при округлении увеличивают на единицу, если отбрасываемая цифра не указываемого младшего разряда больше либо равна пяти, и не изменяют, если она меньше пяти.

Погрешность результата измерения физической величины должна давать представление о том, какие цифры в его числовом значении являются сомнительными. Поэтому числовое значение результата измерения должно быть представлено так, чтобы оно оканчивалось десятичным знаком того же разряда, что и значение его погрешности. Большее число разрядов не имеет смысла, т. к. не уменьшает неопределенности результата, а меньшее, которое может быть получено путем округления, увеличивает неопределенность результата. Поэтому погрешность результатов технических измерений нецелесообразно выражать большим числом цифр, достаточно ограничиться одной-двумя значащими цифрами, причем две цифры используются только при записи погрешности ответственных и точных измерений.

Обработку результатов измерений рекомендуется производить на ЭВМ с помощью программного пакета «Microsoft Office Excel». Данное программное обеспечение позволяет обрабатывать результаты измерений в автоматическом режиме и исследовать статистические связи между выходными и входными параметрами различных технологических процессов, а также при процедуре поверки и калибровке средств измерений.

3. ПРИМЕРЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Обработка прямых однократных результатов измерений (пример к самостоятельному заданию 1)

Дано: При измерении давления в трубопроводе манометр показывает 21,7 МПа. Среднее квадратическое отклонение показаний $S = 0,2$ МПа. Погрешность градуировки прибора -0,3 МПа.

Укажите доверительные границы для истинного значения давления с вероятностью $P_d = 0,9973$ ($t_p = 3$).

Решение:

1. Исключим известные систематические погрешности (∇) из результата измерения по формуле (4).

$$X_i^\nabla = X_i - (\nabla) = 21,7 - (-0,3) = 22,0 \text{ МПа}$$

2. Примем значения доверительной вероятности (P_d) и определим коэффициент Стьюдента (t_p): $P_d = 0,9973$; $t_p = 3$.

3. Определим доверительные границы случайной погрешности по формуле (8):

$$\varepsilon = \pm t_p \cdot S_{\bar{X}} = \pm t_p \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla)^2}{(n-1) \cdot n}} = \pm t_p \cdot \frac{S^\nabla}{\sqrt{n}} = \pm 3 \cdot \frac{0,2}{\sqrt{1}} = \pm 0,6 \text{ МПа}$$

4. Запишем результат измерений по формуле (9) с использованием правил округления.

$$\bar{X}^\nabla \pm \varepsilon$$

$$\rho = 22,0 \pm 0,6 \text{ МПа}$$

или

$$\bar{X}^\nabla - \varepsilon \leq \bar{X}^\nabla \leq \bar{X}^\nabla + \varepsilon, P_d$$

$$21,4 \text{ МПа} \leq \rho \leq 22,6 \text{ МПа}, P_d = 0,9973$$

Обработка прямых многократных результатов измерений (пример к самостоятельному заданию 2)

Дано: При измерении твердости (HRC) образцов из легированной стали получены значения: 47; 55; 63; 62; 48; 52; 62; 55; 56; 57; 58; 59; 58; 58; 60; 58; 54; 59; 59; 58. Погрешность градуировки измерительного прибора $-1 HRC$. Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с доверительной вероятностью $P_d = 0,95$ (коэффициент Стьюдента $t_p = 2,086$; уровень значимости $q = 1 \%$).

Решение:

1. $n = 20$.

2. $P_d = 0,950$; $t_p = 2,086$; $q = 1 \%$.

3. Определим и исключим ошибочные результаты измерений по формуле (1), для этого определим по формуле (2) среднее арифметическое результатов измерений:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{47 + 55 + 63 + 62 + 48 + 52 + 62 + 55 + 56 + 57 + 58 + 59 + 58 + 58 + 60 + 58 + 54 + 59 + 59 + 58}{20}$$

$$\bar{X} = 56,9 \text{ HRC}$$

Далее рассчитаем среднеквадратическое отклонение результатов измерений по формуле (3). Для удобства все расчеты сведем в таблицу 5:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{355,8}{20-1}} = 4,2 \text{ HRC}$$

Таблица 5

X_i	\bar{X}	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
47	56,9	-9,9	98,01
55	56,9	-1,9	3,61
63	56,9	6,1	37,21
62	56,9	5,1	26,01
48	56,9	-8,9	79,21
52	56,9	-4,9	24,01
62	56,9	5,1	26,01
55	56,9	-1,9	3,61
56	56,9	-0,9	0,81
57	56,9	0,1	0,01
58	56,9	1,1	1,21
59	56,9	2,1	4,41
58	56,9	1,1	1,21
58	56,9	1,1	1,21
60	56,9	3,1	9,61
58	56,9	1,1	1,21
54	56,9	-2,9	8,41
59	56,9	2,1	4,41
59	56,9	2,1	4,41
58	56,9	1,1	1,21
$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$			335,80

Сравним G_1 и G_2 с теоретическим значением G_T критерия Граббса (табл. 1), $G_T = 3,001$.

$$G_1 = \frac{|X_{\max} - \bar{X}|}{S} = 1,451 < G_T = 3,001$$

$$G_2 = \frac{|\bar{X} - X_{\min}|}{S} = 2,355 < G_T = 3,001$$

Так как $G_1 < G_T$ или $G_2 < G_T$, то X_{\max} и X_{\min} не считаются промахом и эти результаты измерений необходимо сохранить в ряду результатов измерений.

4. Исключим известные систематические погрешности (∇) из исправленных результатов измерений (X_i) по формуле (4). Для удобства все расчеты сведем в таблицу 6.

$$X_i^\nabla = X_i - (\nabla)$$

Таблица 6

X_i	X_i^∇	\bar{X}^∇	$X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla$	$(X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla)^2$
47	48	57,9	-9,9	98,01
55	56	57,9	-1,9	3,61
63	64	57,9	6,1	37,21
62	63	57,9	5,1	26,01
48	49	57,9	-8,9	79,21
52	53	57,9	-4,9	24,01
62	63	57,9	5,1	26,01
55	56	57,9	-1,9	3,61
56	57	57,9	-0,9	0,81
57	58	57,9	0,1	0,01
58	59	57,9	1,1	1,21
59	60	57,9	2,1	4,41
58	59	57,9	1,1	1,21
58	59	57,9	1,1	1,21
60	61	57,9	3,1	9,61
58	59	57,9	1,1	1,21
54	55	57,9	-2,9	8,41
59	60	57,9	2,1	4,41
59	60	57,9	2,1	4,41
58	59	57,9	1,1	1,21
$\sum_{i=1}^n (X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla)^2$				335,8

5. Вычислить среднее арифметическое значение исправленных результатов измерений по формуле (5). Для удобства все расчеты сведем в таблицу 6.

$$\bar{X}^{\nabla} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^{\nabla} = 57,9 \text{ HRC}$$

6. Вычислить среднее квадратическое отклонение результатов измерений по формуле (6). Для удобства все расчеты сведем в таблицу 6.

$$S^{\nabla} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{335,8}{20-1}} = 4,2 \text{ HRC}$$

7. Вычислим среднее квадратическое отклонение среднего арифметического (оценку измеряемой величины) по формуле (7):

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla})^2}{(n-1) \cdot n}} = \frac{S^{\nabla}}{\sqrt{n}} = \frac{335,8}{\sqrt{20}} = 0,94 \text{ HRC}$$

8. Проверим гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению по составному критерию, т. к. числа результатов измерений $15 < n = 20 \leq 50$.

Критерий 1:

Вычислим отношение \tilde{d} по формуле (10).

$$\tilde{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{X}|}{n \cdot S^{\nabla}} = \frac{62,6}{20 \cdot 4,2} = 0,7445$$

где S^{∇} – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, находится по формуле (6). Воспользуемся таблицей 6 и найдем сумму 4 столбца – $X_i^{\nabla} - \bar{X}^{\nabla}$.

Результаты измерений в ряду считают распределенными нормально, если по формуле (11) выполняется условие:

$$d_{1-q/2} < \tilde{d} \leq d_{q/2}$$

Квантили распределения $d_{1-q/2}$ и $d_{q/2}$ определим по табли-

це 2 в зависимости от числа измерений (n).

$$d_{1-q/2} = 0,7304 < \tilde{d} = 0,7445 \leq d_{q/2} = 0,9001$$

Анализ критерия 1 показал, что условие формулы (10) выполняется.

Критерий 2:

Проверяем условие по формуле (12).

$$(X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla) < Z_{P/2} \cdot S^\nabla$$

где S^∇ – среднеквадратическое отклонение результатов измерений, находится по формуле (6); $Z_{P/2}$ – верхняя квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающая вероятности $P/2$.

Значения вероятности $P = 0,99$ определим из таблицы 3 по выбранному уровню значимости $q = 1\%$ и числу результатов измерений $n = 20$, число $m = 1$. Зависимость $Z_{P/2}$ от P приведена в таблице 4.

$$Z_{P/2} = 2,58$$

$$(X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla) < Z_{P/2} \cdot S^\nabla = 10,836$$

Анализ таблицы 6 (четвертый столбец значений – $X_i^\nabla - \bar{X}^\nabla$) и условие формулы (12) показал, что критерия 2 выполняется.

Таким образом, установлено, что соблюдаются два критерия и что результаты измерений соответствует нормальному распределению.

9. Определим доверительные границы случайной погрешности по формуле (8):

$$\varepsilon = \pm t_P \cdot S_{\bar{X}} = \pm 2,086 \cdot 0,94 = \pm 1,961 = \pm 2,0 \text{ HRC}$$

10. Запишем результат измерений (формула (9)) с использованием правил округления в виде

$$\bar{X}^{\nabla} \pm \varepsilon$$

$$H = 57,9 \pm 2,0 \text{ HRC}$$

или

$$\bar{X}^{\nabla} - \varepsilon \leq \bar{X}^{\nabla} \leq \bar{X}^{\nabla} + \varepsilon, P_d$$

$$55,9 \text{ HRC} \leq H \leq 59,9 \text{ HRC}, P_d = 0,95$$

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться и изучить методические указания к работе «Обработка результатов измерений».

2. Оформить отчет. Отчет должен содержать: наименование и цель работы; описание общих положений; алгоритмы обработки результатов измерений; ответы на контрольные вопросы.

3. По последним двум цифрам шифра зачетной книжки по табл. 1 выбрать исходные данные для выполнения самостоятельного задания 1 и 2 из приложения.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие действуют нормативные документы в области метрологии (обеспечения единства измерений) регламентирующие методы обработки результатов измерений?

2. В каком случае выбирают однократные или многократные измерения?

3. Какие делают предположения, когда из результатов измерений исключены погрешности?

4. Опишите алгоритм обработки прямых многократных результатов измерений.

5. В каких случаях проверяют гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению?

6. Опишите алгоритм обработки прямых однократных результатов измерений.

7. Опишите составной критерий 1 и 2.

8. Опишите правила округления при обработке результатов измерений.

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.736–2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – Введ. 01.01.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 24 с.

2. Р 50.2.038–2004. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения прямые однократные. Оценивание погрешностей и неопределенности результата измерений. – Введ. 01.01.2005. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2005. – 11 с.

3. МИ 2083–90. Методические указания. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей. – Введ. 01.01.1992. – Москва : Изд-во стандартов, 1991. – 14 с.

4. ПМГ 96–2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики качества измерений. Формы представления. – Введ. 01.01.2011. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 14 с.

5. Балдин, К. В. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник [Электронный ресурс]. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016. – 472 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=453249. – Загл. с экрана. (19.09.2018)

6. Распределение Стьюдента – Википедия https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A1%D1%82%D1%8C%D1%8E%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B0

7. Frank E. Grubbs. Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations / Frank E. Grubbs, Glenn Beck // Technometrics, 1972. – Vol. 14. – № 4. – P. 847–854.

Задание 1:

При измерении температуры (T , °C) в производственном помещении получено значение в градусах Цельсия (см. табл. 1). Погрешность градуировки измерительного прибора (см. табл. 1). Укажите доверительные границы для истинного значения температуры с доверительной вероятностью (см. табл. 1).

Таблица 1

Исходные данные для задания 1

По последней цифре номера зачетной книжки										
№ цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результаты измерений: T , °C	20,0	21,0	22,0	23,0	19,0	22,5	23,5	21,5	20,5	19,5
По предпоследней цифре номера зачетной книжки										
№ цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доверительная вероятность P_d	0,950	0,990	0,999	0,900	0,850	0,800	0,750	0,700	0,600	0,500
Коэффициент Стьюдента t_p	2,086	2,845	3,849	1,725	1,497	1,325	1,184	1,064	0,860	0,687
Погрешность градуировки измерительного прибора: T , °C	+1,0	+0,5	+0,2	-0,5	+0,5	-1,5	-1,0	-0,5	-0,2	+1,5

Задание 2:

При измерении предела текучести (σ_i) образцов из легированной стали получены значения в килограммах на миллиметр в квадрате ($\text{кг} / \text{мм}^2$) (см. табл. 2). Укажите доверительные границы для истинного значения предела текучести с доверительной вероятностью (см. табл. 2).

Таблица 2

Исходные данные для задания 2

По последней цифре номера зачетной книжки										
№ цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Результаты измерений: σ_i , кг / мм ²										
1	25	34	31	30	38	37	35	25	31	26
2	27	34	30	35	28	35	30	33	32	30
3	28	36	32	31	32	36	27	33	32	30
4	28	31	30	31	29	37	26	30	36	29
5	26	30	30	32	30	39	33	28	31	32
6	26	31	32	32	30	31	26	32	31	31
7	26	32	32	32	34	31	27	30	32	28
8	26	33	39	35	33	33	27	34	35	38
9	32	33	35	37	32	32	27	28	37	31
10	34	31	30	38	31	34	27	26	30	28
11	34	30	35	28	32	30	31	26	31	28
12	36	32	31	32	32	31	33	31	35	29
13	31	30	31	29	33	28	32	37	35	30
14	30	30	32	30	34	31	34	32	31	34
15	31	32	32	30	34	32	30	26	26	33
16	32	32	32	34	36	32	28	28	33	32
17	33	39	35	33	37	32	31	32	38	28
18	33	35	37	32	36	24	32	34	31	34
19	31	30	38	31	34	30	39	35	33	31
20	30	35	28	32	33	31	32	24	31	33

Продолжение табл. 2

По предпоследней цифре номера зачетной книжки										
№ цифры	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Доверительная вероятность P_d	0,950	0,990	0,999	0,900	0,850	0,800	0,750	0,700	0,600	0,500
Коэффициент Стьюдента t_p	2,086	2,845	3,849	1,725	1,497	1,325	1,184	1,064	0,860	0,687
Погрешность градуировки измерительного прибора: σ_i , кг / мм ²	-1,5	-1,0	-0,5	-0,2	+1,5	+1,0	+0,5	+0,2	-0,5	+0,5
Уровень значимости q , %	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5

Составитель
Дмитрий Михайлович Дубинкин

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Методические указания к практическому занятию
по дисциплинам **«Метрология, стандартизация и сертификация
в горном деле»** для обучающихся специальности
21.05.04 «Горное дело», **«Метрология, стандартизация
и сертификация»** для обучающихся направления подготовки
20.03.01 «Техносферная безопасность»,
«Метрология и сертификация» для обучающихся направления
подготовки 27.03.02 «Управление качеством»
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.10.2018. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе.

Уч. изд. л. 1,0. Тираж 34 экз. Заказ _____

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.