# = У Т В Е Р Ж Д А Ю =

Заведующий кафедрой ТСН

В.И. Сигида

"\_\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

# **ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ**

### **I. Тема работы**: Статистическая обработка результатов прямых многократных равноточных измерений.

**II. Цель занятия**: Привить студентам навыки производства статистической обработки результатов многократных измерений.

**III. Время:** 2 часа

**IV. Вопросы:**

1. Обработка результатов измерений: выявление систематических, грубых погрешностей.
2. Проверка статистических гипотез о законе распределения результата многократных измерений.
3. Расчет интервальных оценок математического ожидания результата.
4. Округление и запись результатов.

**V. Организационно-методические указания.**

В процессе подготовки студенты должны:

А. Повторить вопросы:

1. Выявление и устранение систематических погрешностей.
2. Применение математической статистики при обработке результатов многократных измерений, содержащих случайные погрешности.
3. Сущность методов построения доверительных интервалов.
4. Нахождение доверительных интервалов и доверительных вероятностей.
5. Закон распределения Стьюдента.
6. Общие представления о критериях согласия. Проверка гипотезы о законе распределения.
7. Формы выражения пределов допускаемой основной погрешности измерения.

Б. Уметь:

1. Устранить систематическую погрешность результата измерения.
2. Найти доверительный интервал для заданной доверительной вероятности.
3. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности измерения физических величин.

В. Решать задачи по теме занятия.

## **VI. Данные для КР:**

Задание выдается каждому студенту для самостоятельной обработки результатов измерения по индивидуальному варианту. Номер варианта выбирается по № в списке группы у преподавателя. Варианты заданий представлены в табл. 1.

*ПРИМЕЧАНИЕ:* при номере варианта больше 34: отсчет номера начинается с первого, а запись следующим образом: Вариант № 1+34 или Вариант №1+34+34, при этом значение данных таблицы для **всех** Uoi и Upi увеличиваются на последнюю цифру номера зачетки. Например: Данные таблицы **511,2** зачетка №хххх**7** →→ откорректированные данные задания в таблице: **518,2** и т.д.

При выполнении задания требуется:

1. Исключить систематическую погрешность рабочего прибора.
2. Обработать результаты измерений после исключения систематической погрешности.
3. Записи данных вести по форме отчета.
4. Квантили распределения Стьюдента определить из справочных табл. 2.

**VII. Рекомендованная литература:**

1. *Шишмарёв В.Ю.* Метрология, стандартизация, сертификация и техническое регулирование. М.: Издательский дом «Академия» 2016
2. *Сергеев А.Г., Терегеря В.В.* Метрология, стандартизация и сертификация. Изд-во Юрайт. 2014
3. *Мочалов В.Д, Погонин А.А, Афанасьев А.А.* Метрология, стандартизация и сертификация. Учебное пособие М.: Инфра-М, 2018
4. *Димов, Ю.В.* Метрология, стандартизация и сертификация / Ю.В. Димов. - М.: СПб: Питер, 2016. - 432 c.
5. *Иванов, И.А.* Метрология, стандартизация и сертификация на транспорте / И.А. Иванов. - М.: Академия (Academia), 2016. - 977 c
6. *Катенин, В.А.* Метрология в кораблевождении и решение задач навигации / В.А. Катенин. - М.: Элмор, 2016
7. *Мышелов Е.П.* Введение в метрологию, стандартизацию и сертификацию качества / Е.П. Мышелов. - М.: Красанд, 2017. - 224 c.
8. *Боридько С.И. и др.* Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах. М.: Горячая линия - Телеком, 2016;
9. Конспекты лекций.

### Таблица 1

## Показатели образцового и рабочего вольтметров

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| № измерения | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi |
| 1234567891011121314151617181920 | 510,4506,9512,1504,7509,9504,8512,0506,4511,2505,6513,0507,7509,4508,4512,6505,4509,4510,7501,7508,0 | 503,8499,9505,1497,6502,8497,8515,0499,5504,3498,6506,5500,7502,3501,3505,7498,3505,5503,6503,6501,0 | 614,5611,1617,3612,2616,8613,4615,8610,7618,5619,1613,0616,5611,6616,3615,8611,5617,6610,1618,0610,3 | 617,5614,1620,3615,3619,3616,4628,9613,7621,0611,9616,0619,9614,7620,8618,4614,6621,2613,0621,4613,4 | 380,0379,1381,3380,4378,2381,5379,5378,6378,2387,7378,3381,8379,7377,8378,7381,8378,8377,7379,4381,6 | 387,0384,8388,6387,4384,5389,0365,2384,2389,4387,8383,3389,7385,6383,1388,7385,8386,4386,7388,2389,4 | 714,6711,2715,8709,4714,0711,4713,4709,7710,5716,7710,7716,3712,6714,7711,9713,4711,8715,3712,6715,4 | 709,0704,8709,9703,6707,9705,5717,6703,7704,2710,3704,5709,6706,4708,9705,6706,2709,4706,8708,4707,2 | 452,8455,2451,1454,4450,6454,8452,2455,7450,2451,8453,6455,4454,5454,0452,3450,4451,3453,3451,8453,0 | 458,6462,4456,7461,4457,2461,8457,5463,4455,6478,2460,5463,3460,3459,8457,9456,0456,4459,5459,2459,0 | 823,0826,4823,4825,1824,1826,3823,6826,2824,7825,3825,8823,7824,5825,4825,7823,8825,6824,3825,7824,4 | 829,0832,5825,4829,4826,5831,5825,7842,3828,8829,8831,7826,1828,5830,2831,3827,1830,8827,5830,6827,5 | 385,3382,5386,6384,6386,0387,4383,8385,8384,1385,4384,6383,7386,7384,3382,3386,9383,3387,1384,8386,3 | 392,5387,6394,3390,5393,3396,4388,8393,4390,1372,7390,5392,3395,3391,0387,6395,6389,2395,6391,8394,4 | 123,0125,3120,7123,3122,7125,0121,1123,4122,4124,7124,5121,1121,4122,4122,2121,5124,3122,3123,9123,7 | 130,0134,4126,7130,4129,6133,8126,4135,8129,2133,4132,9126,8127,4128,8128,5127,7132,4128,2132,1131,6 | 614,5611,1617,3612,2616,8613,4615,8610,7618,5619,1613,0616,5611,6616,3615,8611,5617,6610,1618,0610,3 | 617,5614,1620,3615,3619,3616,4618,9613,7624,0611,9616,0619,9614,7620,8618,4614,6621,2613,0621,4613,4 |
| Доверит. вероятность | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,99;0,999 | 0,95;0,99;0,999 | 0,8;0,9;0,95 | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,99;0,999 | 0,95;0,99;0,999 | 0,8;0,9;0,95 |

### Продолжение табл. 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| № измерения | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi |
| 1234567891011121314151617181920 | 410,5410,2410,4413,5413,9413,8412,0412,3411,8411,1411,3411,7411,6413,2413,0411,6411,7412,3412,5412,2 | 415,0414,6415,2424,9421,2420,2418,0418,2417,6416,0416,3417,6417,4419,8419,6416,5416,7418,4418,7419,1 | 130,2131,3135,2133,1130,8133,0134,4132,7132,7131,8131,7130,9132,8133,3132,2130,7130,5132,9133,3134,6 | 132,1136,5133,9133,6131,9138,3131,6133,9133,4134,2131,8132,5133,7133,7131,8134,4133,8135,5131,8133,9 | 382,2378,8379,4380,0381,7381,3381,1380,3378,4379,1380,8381,8379,8378,0378,2381,5380,5378,6380,2379,6 | 381,8373,3374,5375,9380,3378,9378,3375,2391,4374,0377,8380,9375,5369,6370,7379,6377,2376,4376,2375,0 | 20,026,121,424,823,322,221,125,727,226,623,621,720,525,724,522,823,820,725,024,1 | 22,331,524,528,826,724,521,630,932,632,127,425,022,730,028,426,227,923,129,328,1 | 93,2103,0101,297,4100,199,295,9105,998,3104,294,699,898,7102,299,4102,099,7101,4100,2100,6 | 94,3108,1104,6100,2103,9102,998,5112,3101,7110,294,1103,5102,5106,7101,3105,8103,2105,0104,1104,2 | 102,897,1101,799,0100,197,798,4101,0102,597,499,999,5102,2102,098,198,6101,4100,7100,499,2 | 104,785,0100,691,396,186,885,998,4103,685,995,594,3102,8101,887,489,799,397,596,693,1 | 100,46100,14102,4699,6899,94100,3099,7198,7099,76100,0697,4799,4799,81100,5498,44100,1998,81100,0299,6599,37 | 104,39103,40110,37102,03102,81103,89102,14106,89103,72103,1893,42101,41103,63104,6498,33103,5699,43103,07107,46101,94 | 127,1129,7125,4123,8131,3128,3126,2122,0130,8125,0123,2129,4127,5127,3126,8122,6125,7130,3131,9126,5 | 123,6126,3121,5118,3130,6122,2116,1119,8129,4111,5123,1124,8124,4125,3166,7121,8123,7128,1130,0123,5 | 131,5131,7138,4138,0132,2132,5137,7137,3132,7133,0137,0136,5133,6134,3136,3135,6135,0134,7135,5134,8 | 131,4133,0140,0140,5134,7134,3139,9139,8134,1135,5139,5139,0136,2130,8138,0137,2138,0136,3137,0136,3 |
| Доверит. вероятность | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,99;0,999 | 0,95;0,99;0,999 | 0,8;0,9;0,95 | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,95;0,99 |

### Продолжение табл. 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| № измерения | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi |
| 1234567891011121314151617181920 | 1009,06994,87994,751005,951008,81990,661015,791001,61981,151011,79989,451000,071007,691009,711007,121010,90993,69997,45984,99995,12 | 983,98984,16958,34975,62944,181004,421002,38980,08939,70983,18985,44973,74981,68923,44971,22964,16954,50964,541025,46992,12 | 17,3520,2115,9218,2916,1918,5916,4319,2716,5919,1019,5719,0519,8717,7017,5720,7220,0718,8819,8318,61 | 15,7121,5012,9717,5811,1319,1813,8619,5414,1819,2020,1417,0920,8416,4116,1423,1421,1318,7520,6618,21 | 515,4515,6516,2515,7515,4515,5515,9516,2515,3515,8515,7516,3515,5515,7515,8515,6515,8515,7515,7516,0 | 510,15510,65511,45511,65510,35510,25510,95511,25521,35510,15510,05511,45510,95510,85511,25511,55510,75510,95511,35511,45 | 501,99502,08489,17497,81497,09512,21511,19500,04497,85501,59502,72496,87500,84571,72495,61492,08487,25493,77522,73506,06 | 512,98514,16488,34505,62504,18534,42532,38510,08469,70513,18515,44503,74511,68453,44501,22494,16484,50497,54555,46522,12 | 50,049,949,750,150,249,950,349,850,250,449,649,750,349,649,850,149,750,350,149,8 | 54,5450,1453,6454,7454,4454,2453,5453,2455,7453,3454,6453,9453,4454,7454,5454,9453,1454,3458,7454,24 | 80,580,881,080,980,780,880,980,880,780,581,380,680,880,381,080,980,680,480,981,2 | 81,4581,3578,9580,7582,5581,2580,8580,9581,4580,0580,1581,3581,2580,9580,2580,3581,6581,4580,5580,15 | 35,735,336,135,935,435,636,235,635,835,635,635,936,035,436,035,335,835,635,736,6 | 33,232,432,630,133,232,333,232,833,233,432,832,733,332,632,733,132,333,334,132,8 |
| Доверит. вероятность | 0,9;0,99;0,999 | 0,95;0,99;0,999 | 0,8;0,9;0,95 | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,99;0,999 |

Продолжение табл. 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 |
| № измерения | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi | Uoi | Upi |
| 1234567891011121314151617181920 | 90,590,691,390,990,490,690,791,090,390,490,591,390,590,690,690,990,790,790,491,2 | 93,393,994,590,694,393,292,993,793,894,392,993,193,394,694,892,893,895,594,493,2 | 65,565,866,265,965,466,065,965,765,865,965,665,966,065,365,865,666,365,565,765,8 | 67,566,466,768,667,367,266,767,366,167,867,467,766,459,767,666,366,466,266,567,6 | 184,0183,6183,4183,3183,7183,6183,5183,3184,3183,5183,6183,3184,0183,9183,6183,4183,9184,2183,8183,5 | 180,2179,1179,6180,7180,4180,8189,5179,2179,7169,3180,6179,9179,4180,7180,5180,9179,1180,3179,7180,2 | 260,0259,9259,7260,1260,2259,9260,3259,8260,2260,4259,6259,7260,3259,6259,8260,1259,7260,3260,1259,8 | 262,3262,6268,5263,7262,4262,3262,8263,8263,6262,4262,2263,5262,7262,6263,4263,5262,6262,8260,6263,5 | 445,0444,7444,6445,1445,2444,7445,3444,6445,2445,4444,6444,5445,3444,5444,8445,1444,7445,3445,1444,3 | 440,8444,9441,5439,6441,3440,2439,9440,7440,8441,3439,9440,1440,3441,6441,8429,8440,8441,5441,4440,2 | 30,530,831,030,930,730,830,930,830,730,531,330,630,830,331,030,930,630,430,931,2 | 31,4531,3530,9530,7531,5531,2530,8530,9531,4530,0530,1533,3531,2530,9530,2529,3531,6531,4530,5530,15 | 515,4515,6516,2515,7515,4515,5515,9516,2515,3515,8515,7516,3515,5515,7515,8515,6515,8515,8515,7516,0 | 510,15510,65511,45511,65510,35510,25514,95511,25511,35510,15510,05511,45510,45510,85511,25511,55510,75508,95511,35511,45 | 60,059,959,760,160,259,960,359,860,260,459,659,760,359,659,860,159,760,360,159,8 | 60,160,561,461,660,360,260,961,263,360,160,061,460,960,861,261,560,760,961,361,4 | 40,039,939,740,140,239,940,339,840,240,439,639,740,339,639,840,139,740,340,139,3 | 40,840,941,539,641,344,239,940,740,841,339,940,140,341,641,837,840,841,541,440,2 |
| Доверит. вероятность | 0,95;0,99;0,999 | 0,8;0,9;0,95 | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,95;0,99 | 0,9;0,99;0,999 | 0,95;0,99;0,999 | 0,75;0,85;0,99 | 0,9;0,95;0,99 |

Форма отчета

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

Тема: Статистическая обработка результатов прямых многократных равноточных измерений.

"\_\_\_"\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_\_г. Студент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зачетная книжка № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

###### Группа \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

## **Вариант № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

## **З А Д А Н И Е**

Одно и то же напряжение измерялось 20 раз двумя вольтметрами: образцовым и рабочим. Результаты измерения образцового прибора Uoi несут в себе случайные погрешности. Результаты Upi, помимо случайных, имеют систематическую погрешность ΔUсист. Произвести статистическую обработку результатов измерений с заданными значениями доверительной вероятности.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №измер. | Образцовый приборUoi | Рабочий приборUpi | Исправленные показания рабочего прибораUi (Upi+С) | Ui - Ū | (Ui - Ū)2 |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |
| 8 |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |
| 11 |  |  |  |  |  |
| 12 |  |  |  |  |  |
| 13 |  |  |  |  |  |
| 14 |  |  |  |  |  |
| 15 |  |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  |  |  |
| 18 |  |  |  |  |  |
| 19 |  |  |  |  |  |
| 20 |  |  |  |  |  |
|  | Ūо= | Ūр= |  | $$\sum\_{i=1}^{n}(U\_{i}-\overline{U})=$$ | $$\sum\_{i=1}^{n}(U\_{i}-\overline{U})^{2}=$$ |

1. Оценка математического ожидания образцового прибора:

2. Оценка математического ожидания рабочего прибора:

3. Систематическая погрешность рабочего прибора.

Среднее арифметическое (математическое ожидание) исправленных показаний рабочего прибора

4. Среднее квадратическое отклонение рабочего прибора:

5. Проверить, не содержат ли исправленные значения рабочего прибора грубых погрешностей (по критерию Романовского).

Критерий Романовского используется при числе измерений 10 < n *<* 20.

Результаты группы из n наблюдений, которые называют объёмом выборки, упорядочивают по возрастанию х1 ≤ х2 ≤ . . . ≤ хn, где x1 и xn минимальное и максимальное значения.

По формулам:

$$\overline{х}=\overline{А}=\frac{х\_{1}+х\_{2}+ …+х\_{n}}{n}=\frac{1}{n}\sum\_{i=1}^{n}x\_{i}$$

$$σ\_{x}=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}-\overline{x})^{2}}{n-1}}$$

вычисляют оценки среднего арифметического значения $$\overline{x}$$

 и среднеквадратического отклонения наблюдений σ данной выборки.

Для предполагаемых промахов, которыми могут быть, например, результаты х1 и хn, проводят расчёт коэффициентов

$$t\_{1}=\frac{|x\_{1}-\overline{x}|}{\overline{σ}},     t\_{n}=\frac{|x\_{n}-\overline{x}|}{\overline{σ}}$$

Задаются уровнем значимости критерия ошибки **q**, т.е. наибольшей вероятностью того, что используемый критерий может дать ошибочный результат.

Этот уровень должен быть достаточно малым, чтобы вероятность ошибки была невелика.

Из таблицы 2 по заданным величинам **q** и **n** находят предельное (граничное) значение коэффициента:

$$t\_{г}=\frac{max|x\_{i}-\overline{x}|}{\overline{σ}}$$

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Число наблюдений **n** | Предельное значение tг при уровне значимости q | Число наблюдений **n** | Предельное значение tг при уровне значимости q |
| 0,100 | 0,075 | 0,050 | 0,025 | 0,100 | 0,075 | 0,050 | 0,025 |
| **3** | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | **12** | 2,13 | 2,20 | 2,29 | 2,41 |
| **4** | 1,42 | 1,44 | 1,46 | 1,48 | **13** | 2,17 | 2,24 | 2,33 | 2,47 |
| **5** | 1,60 | 1,64 | 1,67 | 1,72 | **14** | 2,21 | 2,28 | 2,37 | 2,50 |
| **6** | 1,73 | 1,77 | 1,82 | 1,89 | **15** | 2,25 | 2,32 | 2,41 | 2,55 |
| **7** | 1,83 | 1,88 | 1,94 | 2,02 | **16** | 2,28 | 2,35 | 2,44 | 2,58 |
| **8** | 1,91 | 1,96 | 2,03 | 2,13 | **17** | 2,31 | 2,38 | 2,48 | 2,62 |
| **9** | 1,98 | 2,04 | 2,11 | 2,21 | **18** | 2,34 | 2,41 | 2,50 | 2,66 |
| **10** | 2,03 | 2,10 | 2,18 | 2,29 | **19** | 2,36 | 2,44 | 2,53 | 2,68 |
| **11** | 2,09 | 2,14 | 2,23 | 2,36 | **20** | 2,38 | 2,46 | 2,56 | 2,71 |

Выполняют сравнение коэффициентов t1 иtn, определяемых формулой, с табличными значениями.

Если t1 > tг и/или tn > tг, то результаты **х1** и/или **хn** относят к *промахам* и исключают из результатов наблюдений и далее рассматривают выборку объёмом (n – 1) или (n – 2).

С уменьшением уровня значимости параметра **q** коэффициент **tг** увеличивается при данном числе наблюдений **n.**

Это означает, что при выборе меньшей величины **q** все меньшее число результатов наблюдений может быть отнесено к промахам, поскольку усложняется выполнение условия t1 > tг. поэтому слишком малые значения q не используют.

Если обнаружены грубые погрешности их исключают и повторяют расчеты пп.2 – 4.

6. Проверить, не противоречит ли гипотеза о нормальном законе распределения случайной погрешности имеющимся результатам измерений (составной критерий).

Для работы использовать таблицы 3, 4, 5, 6.

## Составной критерий:

Часть 1. По результатам наблюдений х1, х2,..., хn, вычисляют значение параметра: $$\tilde{d}=\frac{\sum\_{i=1}^{n}|x\_{i}-\overline{x}|}{n∙σ^{\*}}$$

где  $$\overline{x}$$

 - среднее арифметическое результатов измерения

*σ\**– смещенная оценка среднеквадратического отклонения, вычисляемая как

$$σ^{\*}=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}-\overline{x})^{2}}{n}}$$

 или $$σ^{\*}=σ\sqrt{\frac{n-1}{n}}$$

Результаты наблюдений группы являются распределенными нормально, если выполняется соотношение d1-q1/2 < d̃ ≤ dq1/2 ,

где d1-q1/2 < d̃ ≤ dq1/2  – квантили распределения, получаемые из таблицы 3 «Квантили распределения (статистика d)» по ***n*** и заранее выбранному уровню значимости критерия ошибки ***q1***. (0,02 или 0,1).

|  |
| --- |
| Таблица 3 |
| Квантили распределения (статистика d) |
| Число наблюдений n | q1=0,02 | q1=0,1 |
| dmin | dmax | dmin | dmax |
| 16 | 0,6829 | 0,9137 | 0,7236 | 0,8884 |
| 21 | 0.6950 | 0,9001 | 0,7304 | 0,8768 |
| 26 | 0,7040 | 0,8901 | 0,7360 | 0,8686 |
| 31 | 0,7110 | 0,8826 | 0,7404 | 0,8625 |
| 36 | 0,7167 | 0,8769 | 0,7440 | 0,8578 |
| 41 | 0,7216 | 0,8722 | 0,7470 | 0,8540 |
| 46 | 0,7256 | 0,8682 | 0,7496 | 0,8508 |
| 51 | 0,7291 | 0,8648 | 0,7518 | 0,8481 |

Из таблицы 3 по выбранному ***q1*** и известному числу наблюдений ***n*** находят предельные значения параметра d̃:

Гипотезу о нормальном распределении результатов наблюдений по части 1 критерия полагают верной при выполнении условия:

$$d\_{min}< \tilde{d}\leq d\_{max}$$

Часть 2. Для результатов наблюдений **х1, х2,..., хn,** вычисляют абсолютную погрешность каждого наблюдения (xi *-* $$\overline{х}$$

) и несмещенную оценку среднеквадратического отклонения наблюдений σ по формуле:

$$σ=\sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}(x\_{i}-\overline{x})^{2}}{n-1}}$$

Задаются уровнем значимости критерия **q2**, равным **0,01, 0,02** или **0,05.**

Из таблицы 3 по двум показателям - выбранному **q2** и числу наблюдений **n** - находят значение вероятности **Р**, а только по **n** -значение теоретического коэффициента **m**;

|  |
| --- |
| Таблица 4 |
| Значения Р для вычисления Zp/2 |
| Число наблюдений n | m | q2 |
| 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 |

По таблице 5 или справочным данным – значение ***Zp/2*** – верхнюю квантиль распределения нормированной функции Лапласа, отвечающую вероятности P/2.

Таблица 5

Значения функции Лапласа Ф1(z) для z ≥ 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| z | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2,0 | 0,4773 | 0,4778 | 0,4783 | 0,4788 | 0,4793 | 0,4798 | 0,4803 | 0,4808. | 0,4812 | 0,4817 |
| 2,1 | 0,4821 | 0,4826 | 0,4830 | 0,4834 | 0,4838 | 0,4842 | 0,4846 | 0,4850 | 0,4854 | 0,4857 |
| 2,2 | 0,4861 | 0,4865 | 0,4868 | 0,4871 | 0,4875 | 0,4878 | 0,4881 | 0,4884 | 0,4887 | 0,4889 |
| 2,3 | 04893 | 0,4896 | 0,4898 | 0,4901 | 0,4904 | 0,4906 | 0,4909 | 0,4911 | 0,4913 | 0,4916 |
| 2,4 | 0,4918 | 0,4920 | 0,4922 | 0,4925 | 0,4927 | 0,4929 | 0,4931 | 0,4932 | 0,4934 | 0,4936 |
| 2,5 | 0,4938 | 0,4940 | 0,4941 | 0,4943 | 0,4945 | 0,4946 | 0,4948 | 0,4949 | 0,4951 | 0,4952 |
| 2,6 | 0,4953 | 0,4955 | 0,4956 | 0,4957 | 0,4959 | 0,4960 | 0,4961 | 0,4962 | 0,4963 | 0,4964 |
| 2,7 | 0,4965 | 0,4966 | 0,4967 | 0,4968 | 0,4969 | 0,4970 | 0,4971 | 0,4972 | 0,4973 | 0,4974 |
| 2,8 | 0,4974 | 0,4975 | 0,4976 | 0,4977 | 0,4977 | 0,4978 | 0,4979 | 0,4980 | 0,4980 | 0,4981 |
| 2,9 | 0,4981 | 0,4982 | 0,4983 | 0,4983 | 0,4984 | 0,4984 | 0,4985 | 0,4985 | 0,4986 | 0,4986 |

Результаты наблюдений принадлежат нормальному распределению, если разность | Ui - Ū | превзошли значение (**σ·Zp/2**) не более ***m*** раз***.***

Гипотезу о нормальном распределении результатов наблюдений по критерию 2 полагают верной, если **mэ ≤ m.**

Гипотеза о нормальности распределения принимается, если **выполняются** **обе части** критерия.

Результирующий уровень значимости составного критерия

**q ≤ q1 + q2**.

## 7. Расчет результатов измерений при заданной доверительной вероятности производят, используя формулу: $$∆\_{U}(P)=t∙σ$$

## Значения t находятся по заданной вероятности Р1, Р2 и Р3 из таблицы 6:

Таблица 6.

Значения ts для различных значений доверительной вероятности Рs и числа измерений n (распределение Стьюдента)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Ps  n | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,95 | 0,98 | 0,99 | 0,999 |
| 2 | 1,000 | 1,376 | 1,963 | 3,080 | 6,310 | 12,71 | 31,80 | 63,70 | 636,60 |
| 3 | 0,816 | 1,061 | 1,336 | 1,886 | 2,920 | 4,30 | 6,96 | 9,92 | 31,60 |
| 4 | 0,765 | 0,978 | 1,250 | 1,638 | 2,350 | 3,18 | 4,54 | 5,84 | 12,94 |
| 5 | 0,741 | 0,941 | 1,190 | 1,533 | 2,130 | 2,77 | 3,75 | 4,60 | 8,61 |
| 6 | 0,727 | 0,920 | 1,156 | 1,476 | 2,020 | 2,57 | 3,36 | 4,03 | 6,86 |
| 7 | 0,718 | 0,906 | 1,134 | 1,440 | 1,943 | 2,45 | 3,14 | 4.71 | 5,96 |
| 8 | 0,711 | 0,896 | 1,119 | 1,415 | 1,895 | 2,36 | 3,00 | 3,50 | 5,40 |
| 9 | 0,706 | 0,889 | 1,108 | 1,397 | 1,860 | 2,31 | 2,90 | 3,36 | 5,04 |
| 10 | 0,703 | 0,883 | 1,110 | 1,383 | 1,833 | 2,26 | 2,82 | 3,25 | 4,78 |
| 11 | 0,700 | 0,879 | 1,093 | 1,372 | 1,812 | 2,23 | 2,76 | 3,17 | 4,59 |
| 12 | 0,697 | 0,876 | 1,088 | 1,363 | 1,796 | 2,20 | 2,72 | 3,11 | 4,49 |
| 13 | 0,695 | 0,873 | 1,083 | 1,356 | 1,782 | 2,18 | 2,68 | 3,06 | 4,32 |
| 14 | 0,694 | 0,870 | 1,079 | 1,350 | 1,771 | 2,16 | 2,65 | 3,01 | 4,22 |
| 15 | 0,692 | 0,868 | 1,076 | 1,345 | 1,761 | 2,14 | 2,62 | 2,98 | 4,14 |
| 16 | 0,691 | 0,866 | 1,074 | 1,341 | 1,753 | 2,13 | 2,60 | 2,95 | 4,07 |
| 17 | 0,690 | 0,865 | 1,071 | 1,337 | 1,746 | 2,12 | 2,58 | 2,92 | 4,02 |
| 18 | 0,689 | 0,863 | 1,069 | 1,333 | 1,740 | 2,11 | 2,57 | 2,90 | 3,96 |
| 19 | 0,688 | 0,862 | 1,067 | 1,330 | 1,734 | 2,10 | 2,55 | 2,88 | 3,92 |
| 20 | 0,688 | 0,861 | 1,066 | 1,328 | 1,729 | 2,09 | 2,54 | 2,86 | 3,88 |
| ∞ | 0,674 | 0,842 | 1,036 | 1,282 | 1,645 | 1,960 | 2,33 | 2,58 | 3,29 |

8. Записать результаты измерений в установленном виде. (Абсолютная ∆ и относительная δ погрешность). $$δ=\frac{∆\_{U}(P)}{\overline{U}}∙100\%$$

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Заданное значение доверительной вероятности | tp, n-1 | Результат измерения прибором |
| Р1 =  |  | $$U\_{изм}=(\overline{U}\pm ∆) [B]; U\_{изм}= \overline{U}\_{p}[B]\pm δ\% $$ |
| Р2 =  |  | $$U\_{изм}=(\overline{U}\pm ∆) [B]; U\_{изм}= \overline{U}\_{p}[B]\pm δ\% $$ |
| Р3 =  |  | $$U\_{изм}=(\overline{U}\pm ∆) [B]; U\_{изм}= \overline{U}\_{p}[B]\pm δ\% $$ |

*Например: Р1 =0,94* $$U\_{0,94}=(86,5\pm 0,25) [B]; U\_{0,94}=86,5[B]\pm 0,28\%$$

Подпись выполнившего работу \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_