



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Управление качеством»

Анализ качества процесса по единовременной вы-
борке большого объема

Методические указания по дисциплине

«Метрология, стандартизация и технические измерения»

Авторы

В.П. Димитров
Е.М. Зубрилина
О.А. Голубева

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

«Тип электронного ресурса» предназначен для студентов очных форм обучения направлений 27.03.02 «Управление качеством».

Авторы

д.т.н., профессор,
Декана ф-та ПИТР
Димитров В.П.

к.т.н., доцент
каф. «Управление
качеством»
Зубрилина Е.М.

к.т.н., доцент
каф. «Управление
качеством»
О.А. Голубева



1. Цель работы: освоить методику определения статистическими методами точностных, вероятностных и интервальных характеристик, используемых при управлении качеством продукции и процессов по выборочным данным.

2. Средства обеспечения работы:

2.1. Средство измерений с ценой деления $s \leq 1$ мкм.

2.2. Выборка из оцениваемой партии изделий объемом не менее 200 шт.

3. Общие положения

Под качеством вещи, предмета, явления, процесса понимается совокупность свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением. Применительно к технологическому процессу механической обработки деталей его качество можно оценить точностью выборки по доверительному интервалу размеров и соотношением между полем допуска на размер и полем рассеяния действительных размеров выборки.

Доверительный интервал представляет собой интервал значений, в пределах которого с доверительной вероятностью P находится значение измеряемой величины X , и определяется по формуле:

$$\bar{X} - t_p \cdot S_{\bar{x}} \leq x \leq \bar{X} + t_p \cdot S_{\bar{x}}, \quad (1)$$

где \bar{X} - среднее арифметическое значение измеряемой величины;

$S_{\bar{x}}$ - среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического;

t_p - коэффициент Стьюдента.

Допуск - это разность между наибольшим и наименьшим допустимыми размерами по нормативно-технической документации на изделие:

$$T = L - M, \quad (2)$$

где L - наименьший предельно допустимый размер;

M - наибольший предельно допустимый размер.

Поле рассеяния характеризует разброс размеров относительно среднего арифметического значения \bar{X} определяемый значением СКО.

Технологическая точность количественно определяется законом распределения суммарной погрешности обработки. При наложении поля допуска размера на эмпирическое распределение погрешности можно определить доли вероятностного брака и годных изделий. При нормальном законе распределения все возможные причины выхода показателя качества за границы поля допуска можно свести к двум факторам: смещению центра группирования относительно середины поля допуска и увеличению рассеивания.

Для сопоставления рассеивания с полем допуска применяют коэффициент точности.

$$k_t = \frac{6\sigma}{T}, \quad (3)$$

где σ - СКО размера;

T - допуск размера.

Точность и настроенность технологического процесса считаются идеальными, если поле рассеивания размеров совпадает с заданным полем допуска. В этом случае доля брака не превышает 0,27%. Если поле рассеивания располагается внутри пределов поля допуска, то это значит, что точность процесса завышена и является экономически невыгодной. Если хотя бы одна из границ поля рассеивания выходит за пределы поля допуска, то доля брака увеличивается по сравнению с 0,27%.

Запас по точности технологического процесса оценивают способностью процесса;

$$C_p = \frac{1}{k_T} = \frac{T}{6\sigma}. \quad (4)$$

Для идеального процесса $k_T = 1$, $C_p = 1$. С расширением поля допуска способность процесса увеличивается, а вероятность несоответствий уменьшается.

В реальных условиях производства распределения размеров не обязательно является центрированным. Если медиана эмпирического распределения не совпадает с серединой поля допуска, то увеличивается вероятность несоответствий. Это определяет точность настройки и оценивается коэффициентом настроенности процесса:

$$k_{TH} = \frac{\bar{X} - x_0}{T}, \quad (5)$$

где x_0 - координата середины поля допуска.

Но при такой оценке не учитывается рассеивание размеров. Что бы учесть СКО распределения, качество процесса оценивают по отношению отклонения центра распределения от границ поля допуска к половине поля рассеивания:

$$C_{PH} = \frac{\bar{X} - L}{3\sigma}; C_{PB} = \frac{M - \bar{X}}{3\sigma}. \quad (6)$$

Минимальное из значений C_{PH} и C_{PB} определяет коэффициент вероятности несоответствий от смещения настройки C_{PK} .

Для идеального технологического процесса $k_{TH} = 0, |C_{PH}| = 1, |C_{PB}| = 1$. При $|C_{PH}| > 1$ и $|C_{PB}| \leq 1$ - брак с выходом размеров за границу М. При $|C_{PH}| \leq 1$ и $|C_{PB}| > 1$ - брак с выходом за границу L. Рассматривая в совокупности коэффициенты k_{TH}, C_{PH}, C_{PB} , можно сделать выводы о причинах появления брака конкретном случае: смещение настройки или снижение точности технологического процесса, проявляющееся в увеличении рассеивания размеров.

Оценив по результатам измерений точность технологического процесса, можно определить доли распределения случайной величины (размера изделия) в заданном интервале (поле допуска) и вне его, т.е. вероятность получения годных и бракованных изделий.

Последовательность статистической обработки может быть представлена в виде алгоритма (рисунок).

4. Порядок выполнения работы

4.1. Измерить размер, определяющий параметр качества изделия.

4.2. Упорядочить все экспериментальные данные в вариационный ряд в порядке возрастания их значений и занести в таблицу 1 приложения А.

4.3. Рассчитать среднее арифметическое значение:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (7)$$

где x_i - i-тое значение измеренного параметра;

n - число результатов измерений.

4.4. Рассчитать среднее квадратическое отклонение размеров:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (8)$$

4.5. Проверить ряд экспериментальных данных на отсутствие грубых погрешностей.

4.5.1. Рассчитать наибольшее значение квантили: со стороны меньших значений:

$$t_{\max} = \frac{|x_{\min} - \bar{X}|}{S}, \quad (9)$$

$$t_{\min} = \frac{|x_{\max} - \bar{X}|}{S}, \quad (10)$$

где x_{\min}, x_{\max} - минимальное и максимальное значения из вариационного ряда, соответственно.

4.5.2. Рассчитать предельно допустимое значение квантили:

$$t_T = t_{P/2} \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{n}}, \quad (11)$$

где $t_{P/2}$ - квантиль функции Лапласа, определяемый по приложению Б для значения функции P/2; P - вероятность, задаваемая преподавателем.



4.5.3. Проверить условие: $t_{\max} > t_r$. Если это условие выполняется, то проверяемое экспериментальное данное исключается из результатов измерений. Для проверки следующего сомнительного данного или дальнейших расчетов рассчитать исправленные значения среднего арифметического и СКО по формулам (7) и (8), соответственно.

4.6. Построить гистограмму

4.6.1. Определить размах измеряемого размера:

$$R = x'_{\max} - x'_{\min}, \quad (12)$$

где x'_{\max} и x'_{\min} - крайние значения вариационного ряда, оставшиеся после исключения грубых ошибок и промахов.

4.6.2. Задать число интервалов разбиения гистограммы r на основании рекомендуемых значений:

$$40 \leq n \leq 100 \quad 7 \leq r \leq 9;$$

для

$$100 \geq n \geq 500 \quad 8 \leq r \leq 12$$

4.6.3.

Рассчитать цену интервала: $h = \frac{R}{r}$. (13)

4.6.4. Установить границы интервалов:

$$[x_{\min}; x_{\min} + h], [x_{\min} + h; x_{\min} + 2h], [x_{\min} + 2h; x_{\min} + 3h], \dots, [x_{\min} + (r-1)h; x_{\max}]$$

4.6.5. Подсчитать абсолютную частоту m_i для каждого интервала, как число экспериментальных данных, попавших в каждый из интервалов.

4.6.6. Рассчитать относительные частоты $\frac{m_i}{n}$ для каждого интервала.

4.6.7. Рассчитать значения ординат гистограммы $\frac{m_i}{n \cdot h}$ для каждого интервала.

4.6.8. Данные по п.п. 4.6.4-4.6.7 занести в таблицу 2 приложения А.

4.6.9. Построить гистограмму в координатах $\left(x, \frac{m_i}{n \cdot h}\right)$, которая представляет собой фигуру, образованную прямоугольниками с основаниями, равными величине h , и высотами, равными $\frac{m_i}{n \cdot h}$. На оси абсцисс отметить среднее арифметическое значение и заданные преподавателем

предельно допустимые значения измеряемого размера L и M .

4.6.10. Отметить на гистограмме доли вхождения размера в допустимые границы и распределения размера вне этих границ.

4.7. Рассчитать доверительный интервал для измеренного параметра в партии изделий в предположении, что результаты измерений подчиняются нормальному теоретическому распределению вероятности:

$$\bar{X} - t_p \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \leq x \leq \bar{X} + t_p \cdot \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где t_p - коэффициент Стьюдента по приложению В.

4.8. Рассчитать доверительный интервал для дисперсии D .

4.8.1. Определить уровень значимости α :

$$\alpha = 1 - P \quad (15)$$

P - доверительная вероятность.

4.8.2. Определить уровни значимости:

- для нижней доверительной границы:

$$\alpha_n = 1 - \alpha/2 \quad (16)$$

- для верхней доверительной границы:

$$\alpha_v = \alpha/2 \quad (17)$$

4.8.3. Определить значения χ^2 по приложению Г:

- для нижней доверительной границы $\chi^2_{1-\alpha/2(\nu)}$,
 - для верхней доверительной границы $\chi^2_{\alpha/2(\nu)}$,
- где ν - число степеней свободы: $\nu = n - 1$.

4.9. Вычислить двусторонний доверительный интервал для дисперсии D:

$$\frac{\sum (x - \bar{X})^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(\nu)} < D < \frac{\sum (x - \bar{X})^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}(\nu)}. \quad (18)$$

4.10. Определить доли распределения измеренного параметра в заданном интервале значений $[L; M]$ и вне его.

4.10.1. Пересчитать для стандартного нормального закона эквивалентные границы интервала (квантили):

$$- \text{нижнюю } U^L = \frac{\bar{X} - L}{S}; \quad (19)$$

$$- \text{верхнюю } U^M = \frac{M - \bar{X}}{S}. \quad (20)$$

4.10.2. Определить точечную оценку доли распределения измеряемого параметра, лежащей ниже границы L:

$$\hat{q}_L = 0,5 - \Phi(U^L) \quad (21)$$

где $\Phi(U^L)$ - значение функции Лапласа для квантили U^L по приложению Б.

4.10.3. Определить точечную оценку доли распределения измеряемого параметра, лежащей выше границы M:

$$\hat{q}_L = 0,5 - \Phi(U^L) \quad (22)$$

где $\Phi(U^M)$ - значение функции Лапласа для квантили U^M по приложению Б.

4.10.4. Определить точечную оценку доли распределения измеренного параметра:

- вне интервала $[L; M]$:

$$\hat{q} = \hat{q}_L + \hat{q}_M; \quad (23)$$

- в интервале $[L; M]$:

$$\hat{p} = 1 - \hat{q} \quad (24)$$

4.11. Определить показатели точности настройки технологического процесса.

4.11.1. Рассчитать коэффициент точности настройки:

$$K_{TH} = \frac{\bar{X} - \chi_0}{T}, \quad (25)$$

где χ_0 - координата середины поля допуска:

$$\chi_0 = \frac{L + M}{2}; \quad (26)$$

T - допуск:

$$T = M - L \quad (27)$$

4.11.2. Произвести оценку качества процесса:

$$- \text{нижнюю } C_{PH} = \frac{\bar{X} - L}{3\sigma}; \quad (28)$$

$$- \text{верхнюю } C_{PB} = \frac{\bar{X} - M}{3\sigma}. \quad (29)$$

4.11.3. Установить коэффициент вероятности несоответствий от смещения настройки C_{pk} , как минимальное из значений C_{PH}, C_{PB} .

4.11.4. Определить способность процесса:

$$C_p = \frac{T}{6\sigma}. \quad (30)$$

4.11.5. Определить коэффициент точности процесса:

$$K_T = \frac{6\sigma}{T}. \quad (31)$$

4.12. На основании рассчитанных характеристик качества измеренного параметра и процесса сделать выводы:

4.12.1. О качестве измеренного параметра на основании доверительного интервала.

4.12.2. О точности показателей качества на выходе технологического процесса по доверительной оценке случайной погрешности.

4.12.3. О доли распределения измеренного параметра в заданном поле допуска и вне его.

4.12.4. О точности и стабильности технологического процесса по основным показателям качества.

5. Рекомендуемая литература

5.1. ГОСТ Р 50779.21-96 «Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.» - М.: ИПК. Изд-во стандартов, 1996.

5.2. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/ под ред. Косиловской А.Г., Мещерякова Р.К. – М.: «Машиностроение», 1986.

5.3. Миттаг Х., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества. - М.: Машиностроение, 1995.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Форма отчета

1. Цель работы.
2. Оборудование.
3. Вариационный ряд результатов измерений.

Таблица 1

Номер по порядку	1	2	3	4	5
Значение размера											
Среднее арифметическое значение \bar{X}											
Среднее квадратическое значение σ											

4. Проверка ряда экспериментальных данных на отсутствие промахов.

5. Построение гистограммы.

Таблица 2

№ интервала	Граница интервала		Абсолютная частота m_i	Относительная частота $\frac{m_i}{n}$	$\frac{m_i}{n \cdot h}$
	нижняя	верхняя			
1	x_{\min}	$x_{\min}+h$			
2	$x_{\min}+h$	$x_{\min}+2h$			
3	$x_{\min}+2h$	$x_{\min}+3h$			
...					
r	$x_{\min}+(r-1)h$	x_{\max}			

Гистограмма

6. Расчет доверительного интервала для измеряемого параметра.

7. Расчет доверительного интервала для дисперсии.

8. Определение, доли распределения измеряемого параметра в заданном интервале значений и вне его: $\hat{q}_L, \hat{q}_M, \hat{q}, \hat{p}$.

9. Определение показателей точности настройки технологического процесса $K_m, C_{PH}, C_{PB}, C_P, K_T$.

10. Выводы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Значение функции $F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1391	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,1910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4813	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	0,4864	0,4868	0,4871	0,4874	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	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	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986									
3,5	0,4998									
4,0	0,4999									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Коэффициент распределения Стьюдента

Число степеней свободы f	При доверительной вероятности Р				
	0,90	0,95	0,98	0,99	0,999
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,80	2,20	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,15	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,60	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,90	3,97
18	1,73	2,10	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
∞	1,65	1,96	2,53	2,58	3,29

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Значения удовлетворяющие условию $p(\chi^2 > \chi^2_\alpha) = \alpha$

k	Уровень значимости α					
	0,200	0,100	0,050	0,025	0,010	0,005
3	4,64	6,25	7,81	9,35	11,30	12,80
4	5,99	7,78	9,49	11,10	13,30	14,90
5	7,29	9,24	11,10	12,80	15,10	16,70
6	8,56	10,60	12,60	14,40	16,80	18,50
7	9,80	12,00	14,10	16,00	18,50	20,30
8	11,00	13,40	15,50	17,50	20,10	22,00
9	12,20	14,70	16,90	19,00	21,70	23,60
10	13,40	16,00	18,30	20,50	23,20	25,20
11	14,60	17,30	19,70	21,90	24,70	26,80
12	15,80	18,50	21,00	23,30	26,20	28,30
13	17,00	19,80	22,40	24,70	27,70	29,80
14	18,20	21,10	23,70	26,10	29,10	31,30
15	19,30	22,30	25,00	27,50	30,60	32,80
16	20,50	23,50	26,30	28,80	32,00	34,30
18	22,80	26,00	28,90	31,50	34,80	37,20
20	25,00	28,40	31,40	34,20	37,60	40,0
22	27,3	30,8	33,9	36,8	40,3	42,8
24	29,6	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6
26	31,8	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3
28	34,0	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0
30	36,3	40,3	43,8	47,0	50,9	53,7
35	41,8	46,1	49,9	53,2	57,3	60,3
40	47,3	51,8	55,8	59,3	63,7	66,8
45	52,7	57,5	61,7	65,4	70,0	73,2
50	58,2	63,2	67,5	71,4	76,2	79,5
55	63,6	68,8	73,3	77,4	82,3	85,7
60	69,0	74,4	79,1	83,3	88,4	92,0
65	74,4	80,0	84,8	89,2	94,4	98,1
70	79,7	85,5	90,5	95,0	100,4	104,2
75	85,1	91,1	96,2	100,8	106,4	110,3
80	90,4	96,6	101,9	106,6	112,3	116,3
85	95,7	102,1	107,5	112,4	118,2	122,3
90	101,1	107,6	112,1	118,1	124,1	128,3
95	106,4	113,0	118,8	123,9	130,0	134,2
100	111,7	118,5	124,3	129,6	135,8	140,2