МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология и оборудование машиностроительных производств»

Исаева А.А.

Статистические методы контроля качества

Электронные методические указания

Волжский
2022

УДК 621:658.562(075.5)
ББК 34.4
И 851

Рецензент:
к.т.н., доцент кафедры «ВМФМ» ВПИ (филиал) ВолгГТУ
Тышкевич В. Н.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Исаева, А.А.
Статистические методы контроля качества [Электронный ресурс] : Методические указания для выполнения ОргСРС / А.А. Исаева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Волжский, 2022. – Режим доступа: http://lib.volpi.ru. – 30 с.

Содержит варианты заданий контрольных (семестровых) работ, а также примеры их решения.

Предназначены для студентов (бакалавриат и магистратура) машиностроительных направлений всех форм обучения, изучающих дисциплины «Статистические методы контроля качества», «Статистические методы контроля и управления качеством».

© Волгоградский государственный технический университет, 2022
© Волжский политехнический институт, 2022

Содержание

Введение…… 4
1. Контрольная карта средних значений и выборочных стандартных отклонений ($\overline{X}-S$ -карта)…….. 5
Варианты индивидуальных заданий…… 6
Пример решения ……... 16
2. Статистические методы контроля качества…… 19
Варианты индивидуальных заданий…… 22
Пример решения …….. 25
Список использованной и рекомендуемой литературы……. 29

Введение

Статистические методы контроля качества учат нас использовать методы организации и проведения приемочного контроля качества изготавливаемой продукции, контролировать и управлять производственными процессами с целью обеспечения требуемого качества производства и своевременного обнаружения и предотвращения критических ситуаций.

На сегодняшний день применение этих методов не является трудоемкой процедурой, так как информационные технологии позволяют производить сложнейшие расчеты с высокой точностью и в кратчайшие сроки.

1. Контрольная карта средних значений и выборочных стандартных отклонений ($\bar{X} - S$карта)

Контрольная карта — упорядоченный во времени график выборочных статистик, используемый для различения случайной и неслучайной изменчивости процесса.

Контрольные карты $\bar{X} - S$позволяют оперативно следитьза процессом производства, контролируя важный параметр качества (длина, вес, диаметр и т. д.) и его рассеивание.

Вариант задания необходимо определить в таблице 1 по последним двум цифрам зачетной книжки, где предпоследняя цифра показывает номер строки, а последняя цифра - столбца.

Например, номер зачетной книжки 221110**67** (6 строка, 7 столбец) – вариант номер 22.

Таблица 1 – Номера вариантов

	0	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
0	1	25	23	21	16	15	11	10	24	1
1	11	2	25	22	17	14	12	26	2	11
2	19	12	3	20	18	13	22	3	12	25
3	3	20	13	4	19	21	4	13	22	17
4	4	7	21	14	5	5	14	24	21	30
5	5	8	20	22	6	6	25	27	20	15
6	6	19	15	7	23	15	7	22	19	14
7	18	29	8	18	22	24	16	8	18	13
8	17	9	13	17	24	1	25	17	9	12
9	10	12	14	16	28	25	2	11	18	10

Решение задачи оформляется в виде пояснительной записки (ПЗ) на листах формата А4 (297х210 мм), в печатном или рукописном виде.

Требования к оформлению: размер шрифта – TimesNewRoman, кегль – 14 пт; междустрочный интервал – 1-1,5. Все записи выполняются шариковой ручкой черного и/или синего цвета на одной стороне листа.

Все листы должны быть пронумерованы: внизу, положение – справа.

Все формулы, рисунки и таблицы должны иметь сквозную нумерацию по тексту ПЗ.

ЗАДАНИЕ

Производились замеры отклонений размера детали от номинала (см. таблицу ниже, соответствую вашему варианту по табл. 1). Требуется определить, находился ли процесс изготовления в статистически управляемом состоянии. Спрогнозируйте вероятность появления брака по значению среднего арифметического значения в группе.

Данные замеров

1 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	2	2	-5	-5	-8	-2	4	6	-4	5	3
2	2	-6	4	-9	-5	4	-5	-3	-5	-2	2
3	-7	-4	-7	-7	-4	-9	-7	1	7	5	0
4	-1	7	4	6	-4	3	-2	3	6	-8	-8
5	8	-6	1	-9	-6	3	6	-4	-8	-9	-5
6	-2	-4	7	8	5	1	8	-7	4	-6	-1
7	-4	0	-7	4	-8	6	0	3	-5	-1	-6
8	0	5	-9	-7	5	0	-5	-3	3	0	-3
9	-5	1	-2	2	-8	0	-6	-4	-7	4	-5
10	4	-6	-3	-4	8	0	-3	-7	-9	-9	-6
11	-8	-8	-4	2	-5	-2	-2	-3	-4	7	3
12	-8	-2	5	5	4	0	-5	-8	-6	2	5
13	-9	2	5	2	-4	8	0	-7	2	5	6
14	7	-5	-4	6	8	-2	-2	-8	6	-5	0
15	8	1	6	-7	1	-2	3	8	-1	8	8
16	-8	7	0	0	-1	-1	8	-6	6	0	-3
17	3	3	-3	-5	-1	-2	-5	7	1	6	-9
18	-4	-1	-4	4	1	2	-8	1	-2	-9	-4
19	-7	-1	6	7	5	6	5	7	-1	-6	-5
20	8	1	-1	5	7	-7	8	-4	-6	-3	-6

2 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-3	-1	2	-9	3	4	2	-2	0	-8	4
2	5	-4	-9	0	-3	-4	-9	-6	-8	-6	6
3	-7	5	3	-8	-6	3	-4	8	3	-2	-6
4	8	2	-5	-2	0	1	5	0	-5	5	0
5	6	-3	1	8	8	-4	3	7	1	2	0
6	8	-8	-5	2	-6	-7	0	4	-5	7	-5
7	2	2	6	-3	2	-5	4	-9	-9	7	1
8	-4	-9	5	-1	-2	5	-5	7	7	5	3
9	-8	4	-3	-8	7	1	-1	-4	-3	1	6
10	4	-1	-9	-3	4	-9	5	1	0	8	3
11	-1	4	1	3	2	-1	1	-2	3	8	2
12	7	0	-9	8	8	0	-1	-1	-7	-2	-8
13	1	-4	0	-4	-3	6	2	6	-3	-5	1
14	8	-3	-2	-2	-5	-9	8	4	6	3	7
15	-4	-2	4	-2	2	7	-8	-3	-2	-7	2
16	8	3	8	0	-2	-3	-1	-7	4	-9	-3
17	2	7	-5	-8	1	-5	4	-3	-8	-8	4
18	7	3	4	-3	2	-6	-2	-7	0	-8	6
19	1	5	1	5	6	7	5	-8	-1	-8	-4
20	-3	-3	-2	4	-7	-6	0	3	4	-7	7

3 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	3	0	4	2	-6	-3	-5	-1	-1	6	-8
2	-5	-8	-9	1	2	-1	0	4	8	4	2
3	4	6	4	3	2	-2	0	-1	-2	-9	3
4	5	-7	-7	-2	-8	-6	-3	-2	7	-3	8
5	-3	-6	1	1	-4	-3	-9	2	5	6	6
6	-3	1	-8	2	-7	-4	-7	-2	-8	3	-4
7	8	-5	4	0	-5	-5	4	8	7	-6	-4
8	-2	0	6	-5	-6	1	7	-2	5	-9	7
9	-1	3	-9	5	1	-2	4	-6	6	2	4
10	6	8	3	-4	-3	2	1	-8	3	2	5
11	-4	5	-2	1	3	1	-7	-1	-6	6	-1
12	-7	-4	-8	-7	-3	-1	1	-4	-6	6	4
13	3	2	-5	8	-4	-5	-4	-4	8	-4	6
14	3	-9	-9	7	-3	3	8	-6	-1	5	7
15	6	7	-1	8	-3	1	-5	2	4	2	0
16	-2	-9	-3	5	0	-9	4	-9	-9	-8	6
17	-7	-8	0	-8	4	-5	8	8	1	1	-8
18	7	-3	-4	-3	-2	6	-1	4	-3	-6	-9
19	0	6	-2	7	1	5	-2	8	6	-1	7
20	-5	-9	0	7	-2	-1	3	8	1	-3	-9

4 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	5	6	-6	-3	-6	-3	4	-1	-2	-6	7
2	-6	5	6	-5	1	2	-3	3	2	1	-1
3	-8	2	-3	8	-9	0	2	-1	8	6	-2
4	-9	0	2	-5	2	8	2	-8	-4	-5	-8
5	-6	7	7	-6	-1	8	-3	-7	1	5	4
6	3	-7	8	-1	-3	-9	5	-3	-4	-3	0
7	-7	-4	-5	-8	6	-6	-9	5	3	-8	4
8	7	-8	-3	6	-4	-7	1	-8	8	-7	6
9	6	-6	-5	-5	-1	-6	7	1	-9	-7	4
10	-1	-6	-8	0	1	3	0	5	-7	-3	-9
11	8	1	-7	-7	3	8	8	-5	-3	1	8
12	0	-7	-6	7	7	3	-5	5	2	7	-8
13	-9	5	-7	-3	-2	-7	-4	-5	6	2	4
14	0	4	-6	2	-4	-7	8	2	0	7	3
15	3	-4	-6	-5	8	5	-8	4	-4	-5	0
16	0	7	-9	3	0	6	0	-6	-9	0	2
17	-8	-3	3	3	-1	-3	-7	-7	-8	-1	2
18	0	-4	-1	5	5	-4	-3	2	6	3	2
19	7	-6	5	-2	-8	-9	-4	-3	-1	-2	0
20	-3	-2	-7	8	4	8	7	6	3	1	8

5 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	5	8	-8	6	-5	-4	-7	1	2	7	0
2	-7	-6	3	-8	-7	-4	-1	5	-7	-4	7
3	-4	-1	-9	-1	5	3	-5	0	1	1	0
4	-5	-9	7	-2	6	3	2	1	-8	-8	-2
5	0	-5	5	4	-3	4	-5	6	8	7	8
6	-4	-5	8	7	0	0	-5	0	1	7	6
7	-7	3	3	-5	5	-7	-6	-1	-6	-3	-7
8	-6	1	-2	-2	-1	5	-1	-3	-7	-2	-9
9	7	-5	8	2	-5	-7	-6	1	0	6	-3
10	-1	-5	-8	7	-9	-7	-7	3	-5	-7	-7
11	5	8	-8	0	-3	-5	2	8	-9	-1	4
12	-4	7	-3	-2	3	-8	-2	-7	-5	1	0
13	-6	6	-2	8	-8	-8	1	-3	5	-1	7
14	-7	-9	-9	7	-2	6	-8	-5	-3	-2	-6
15	3	7	-4	-1	-1	4	-4	-7	2	-7	4
16	-7	3	4	2	-2	3	7	-6	6	-5	5
17	6	-9	-4	-5	-4	7	-2	0	1	7	-7
18	1	8	-9	7	-2	4	-1	1	0	-8	-1
19	-6	-5	-1	-8	8	-4	-1	3	-4	3	-4
20	0	-2	-8	-9	-9	-9	4	5	0	-6	3

6 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	1	-1	6	-6	-1	2	-5	1	2	-5	-9
2	-4	2	-6	8	3	6	-4	-7	-1	7	-2
3	2	-8	6	-4	4	1	-6	-7	-7	2	-2
4	-2	2	4	3	-6	6	4	7	8	-2	3
5	2	-1	-7	4	6	6	6	-2	0	7	8
6	-3	0	-9	2	3	5	4	-6	-3	-8	-8
7	1	-5	-5	7	-5	6	2	1	-4	5	3
8	4	3	-8	-6	4	4	-7	-6	0	-3	1
9	0	5	1	4	3	3	-3	6	0	4	4
10	-4	2	1	-8	8	3	-3	6	-6	-4	5
11	-7	5	3	-5	8	-7	-4	8	0	5	6
12	8	5	-4	-4	5	-4	-5	2	3	-4	-3
13	-7	8	8	-9	-9	2	-5	-3	4	-2	-5
14	6	-3	3	3	6	-3	-9	-8	-9	-2	3
15	-2	8	-9	5	3	0	-5	-6	-1	7	-5
16	6	2	-7	0	3	2	6	0	-3	1	-3
17	8	-4	-8	8	2	-2	4	-5	-8	-3	1
18	-6	-5	1	-6	4	-3	0	-4	2	-3	-9
19	3	-4	-8	4	-7	-6	-8	-3	7	-4	0
20	-1	-6	7	2	-9	-8	1	4	-6	-1	-1

7 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-9	-9	-6	7	-4	-4	-1	-4	3	-8	8
2	-4	0	3	0	3	-5	-7	1	4	-6	-3
3	5	-5	8	-2	6	8	-4	6	-3	-3	-7
4	4	3	-5	7	1	-5	-8	-6	-3	-6	-1
5	-1	-2	-4	0	-3	8	-1	8	2	-5	0
6	-4	-7	2	6	8	-2	-3	-1	-6	5	-8
7	6	6	6	8	6	0	6	-6	-8	8	2
8	7	-9	3	2	1	-6	7	-4	4	1	3
9	2	-7	-6	-6	-9	1	0	1	-5	-2	-9
10	1	7	1	-5	7	8	-8	8	2	1	-6
11	2	0	-5	0	-6	-3	5	7	5	3	2
12	0	-5	-1	4	3	-2	3	0	-3	3	-7
13	1	-3	-4	1	1	0	-4	-6	-9	-4	-9
14	-4	-5	-3	6	-9	6	5	-7	0	-6	-5
15	-1	1	-4	1	-9	7	6	-2	-5	-4	2
16	-3	8	3	8	-7	-1	0	2	-5	-8	-4
17	7	1	1	3	-8	-2	1	0	1	7	-5
18	-5	-4	-3	-5	-1	-2	-7	-9	7	2	2
19	-8	2	-7	-1	7	-4	8	-7	3	4	-3
20	3	5	-6	-8	5	7	8	7	8	8	-4

8 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	3	-8	-1	-7	-5	1	1	8	-3	-4	-5
2	3	1	-6	5	8	-6	-5	8	-3	-9	-1
3	-9	-6	-9	1	7	-4	-9	-7	7	-2	-6
4	-9	1	7	-3	7	4	-7	5	-2	5	4
5	-6	-9	-5	6	1	0	2	3	-6	6	3
6	-8	6	1	-3	3	-6	-3	5	-5	1	-3
7	3	-9	4	2	7	2	-1	-6	-3	8	-2
8	-6	5	3	2	-7	2	-3	0	4	6	1
9	-8	2	3	5	-1	2	6	2	-3	7	-1
10	-1	-4	-8	-6	-9	2	0	2	-1	-6	-9
11	3	6	3	6	0	-3	-9	0	5	-5	-7
12	3	0	3	4	-7	-4	-5	6	-1	-1	-4
13	8	-1	4	5	5	-6	-6	-5	-2	5	8
14	8	-5	-1	-8	5	1	-1	0	1	-4	-2
15	0	-3	7	-5	-5	0	0	5	-1	1	1
16	-6	4	1	-3	7	4	-4	-9	6	6	1
17	2	3	7	3	-9	4	-4	-7	-8	1	-4
18	5	6	-5	6	-8	5	3	-9	-4	-7	-1
19	-4	6	4	0	8	3	5	-3	0	-6	-3
20	-2	2	-9	-3	5	-6	-1	6	-9	1	-7

9 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	0	-5	-1	-1	-8	6	-7	-8	-8	-6	-3
2	-6	-6	-7	8	-7	-9	-1	-5	1	-9	-7
3	8	1	4	5	5	-1	0	-2	-9	0	-1
4	2	1	-5	-9	4	-5	5	-9	-6	-9	-1
5	-1	0	5	3	-6	-3	0	-6	-6	0	-7
6	-5	-2	3	-5	0	-7	-8	2	6	-9	1
7	-2	-5	3	5	-9	2	5	5	7	-7	7
8	6	-9	-5	5	-4	6	2	-7	6	3	8
9	-4	-4	7	-7	-2	8	6	-1	4	-9	5
10	4	-6	0	8	-2	-7	-7	-8	0	1	3
11	-7	-1	-2	-4	-4	-6	8	3	-9	-2	-9
12	1	4	0	0	1	-6	-4	-2	-9	3	7
13	3	0	-2	5	2	-7	-4	5	3	-1	-1
14	-5	4	-3	3	-7	7	0	2	0	-6	2
15	1	-9	2	-2	7	8	2	3	-9	-6	-3
16	-4	4	4	-9	7	1	-4	-3	5	-1	-4
17	-1	1	7	4	-8	6	6	8	1	-2	-1
18	7	7	-7	0	-4	-9	8	3	4	-3	-3
19	-2	7	6	-1	4	-3	4	-6	0	-2	-6
20	8	7	-4	3	-4	-7	0	5	8	-7	-2

10 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	1	6	4	1	-2	6	6	-5	-1	0	-3
2	-4	5	-5	-3	-6	2	3	5	-8	8	6
3	1	5	6	-4	-3	-5	-6	-4	-3	4	1
4	2	-5	8	4	-3	3	3	0	-5	5	-1
5	-6	4	-9	3	5	8	-6	4	-9	-2	7
6	5	6	-6	7	-8	-7	-5	-5	0	3	-4
7	-7	-3	-4	-2	-6	-5	0	-4	-4	2	4
8	6	-6	7	-8	-3	2	4	0	7	4	-2
9	-4	-8	2	3	8	3	-9	8	5	-6	1
10	-5	1	4	-8	7	-3	-8	-9	-4	8	-4
11	-1	7	-5	-7	-6	-1	6	-9	6	3	-9
12	-4	3	2	-6	-3	-4	-5	6	2	5	-5
13	6	-7	-9	4	8	5	-7	-8	-5	7	2
14	4	-3	0	-8	1	-1	2	5	2	-9	-8
15	-6	-3	-8	-8	3	-3	3	6	7	5	2
16	-2	2	5	-5	4	5	-2	7	-2	-6	-3
17	-6	6	-2	0	3	-1	-5	-5	-8	4	-4
18	-1	-7	2	7	-5	-4	-7	-9	0	-5	-4
19	1	-8	-7	-5	-6	7	-1	3	8	5	4
20	-2	-3	6	-8	-3	6	2	-5	1	-5	0

11 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	1	-7	8	6	-6	5	3	3	-5	-5	4
2	5	-8	-2	0	0	4	4	3	-4	-4	-6
3	1	-7	-3	-3	-8	5	7	-4	0	4	1
4	8	4	2	1	0	4	5	4	-5	-4	-3
5	6	0	5	-5	-3	-9	3	0	7	-2	4
6	-6	4	6	6	6	5	-5	7	-6	0	-3
7	-8	-9	-4	0	-6	-8	-9	-7	1	7	-9
8	5	4	-9	6	3	7	-4	-7	7	-6	-1
9	-1	-2	0	-4	7	6	-1	-2	-1	7	-3
10	6	-9	6	8	4	-5	-3	-9	-6	-6	-5
11	-3	-6	1	-6	5	-3	3	5	7	-2	4
12	2	2	6	6	-6	-8	1	2	-9	7	6
13	-3	0	6	-6	2	-2	-8	8	-9	8	-1
14	-9	0	-7	4	1	-5	-8	4	-7	4	-9
15	-1	-3	-5	-4	3	-8	-6	-3	-4	7	8
16	2	6	1	-4	8	-8	-8	-6	8	-9	4
17	7	8	-7	2	-3	3	2	-9	1	-8	0
18	0	6	-7	-6	-6	-6	-3	5	3	0	-8
19	6	-5	-3	-1	0	-4	-3	-5	8	4	7
20	-5	-3	-3	5	5	-1	-4	-1	-3	-7	-6

12 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-8	-5	-4	6	7	-1	8	-4	-2	2	0
2	3	-4	-8	-7	-2	7	8	-5	2	-3	0
3	0	2	-1	-5	-5	-8	1	4	1	-6	6
4	2	-7	-4	0	-1	-8	1	-8	-4	-5	-9
5	1	-4	-4	6	-4	2	6	8	-9	1	-7
6	0	7	6	4	-5	-9	0	7	0	-6	1
7	2	-9	3	-7	-2	-6	5	-7	8	5	8
8	-2	-5	-1	-1	-5	8	-8	3	7	-8	1
9	-8	0	0	5	1	-4	-1	-4	-1	5	-1
10	8	-4	5	-5	5	-9	5	-5	7	-3	3
11	8	5	5	0	-6	7	-5	6	0	-4	-3
12	7	-5	5	-8	-3	-1	-9	-6	-8	-4	-5
13	-4	2	2	5	-8	-7	6	-1	4	-4	4
14	-4	3	-4	-5	2	1	2	3	-4	-5	6
15	1	-5	0	7	-9	-5	3	-5	5	6	-1
16	7	5	6	-3	6	-3	0	8	2	3	1
17	2	-3	5	-7	2	1	2	-9	-7	-7	-6
18	-7	4	-3	-3	-1	-3	-8	0	6	6	-9
19	7	-2	-3	6	-2	-8	7	8	8	-7	8
20	-2	-1	1	-4	8	1	-9	-3	0	3	0

13 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	3	1	-4	-8	-5	5	1	5	-2	-4	-6
2	3	-6	-8	-9	-9	1	3	4	-1	6	-2
3	-7	5	2	-8	-4	-8	2	-2	3	-5	-1
4	-2	3	-2	1	-4	-4	-9	7	-2	8	5
5	-9	1	-9	-2	-2	-1	6	4	-8	-1	5
6	-7	-3	4	-7	-5	-8	-3	-9	3	4	7
7	-5	-1	-6	-4	5	8	-1	2	6	-8	6
8	1	6	1	-9	8	-7	6	-7	-5	1	1
9	8	8	-1	-7	0	0	7	5	-6	-7	7
10	-1	-5	-5	1	-2	4	7	2	3	4	1
11	6	-3	-6	-6	-2	-9	-6	-3	4	8	-8
12	5	-5	-8	-7	-1	3	-2	-1	-8	2	2
13	6	5	-9	-7	-2	-4	-4	-9	6	-7	0
14	-1	0	-7	3	1	-2	-6	5	-9	-2	-4
15	-4	-3	-8	4	5	-5	-5	5	-5	-3	-6
16	-3	0	8	-8	6	4	-5	-3	4	-6	4
17	2	7	6	5	7	-3	-8	0	2	-2	1
18	-6	-1	6	3	-7	-7	-3	2	6	-2	0
19	-1	2	-1	2	6	4	-2	8	-3	7	-5
20	0	5	7	6	-2	-9	-4	-4	-4	-9	7

14 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-7	-4	-7	-9	4	-2	7	-7	-6	2	3
2	6	-9	4	8	2	-7	-6	-2	-7	-6	-3
3	7	2	8	-3	-1	5	-8	0	4	3	6
4	-7	-3	-9	4	-5	8	3	1	2	-5	0
5	-4	4	-7	-2	-8	1	2	-3	-5	-5	-3
6	-6	8	2	5	-5	6	-6	2	-4	8	-7
7	-4	-8	7	7	3	-1	-2	1	-3	0	8
8	8	8	-4	5	5	2	-3	-7	6	4	-9
9	-3	8	-3	-6	-6	-2	-7	1	-4	2	-7
10	3	1	-6	3	0	1	1	-3	-4	-2	-7
11	-6	-2	-4	-8	1	4	-6	-9	5	-7	-8
12	0	-5	-5	0	-9	4	0	6	6	-9	-2
13	-6	7	3	8	-8	-8	-4	0	8	-8	-2
14	4	-3	5	3	8	8	0	-6	1	-9	3
15	4	7	-5	3	-5	-6	-1	-8	-7	5	-6
16	6	-3	4	4	-5	-4	1	-7	0	-3	-4
17	8	-7	-8	1	4	-7	0	-2	-7	4	7
18	4	3	-3	-6	2	-8	1	1	-4	7	5
19	-5	6	-1	-2	2	-8	-5	-4	1	-8	-9
20	-2	7	-7	-9	1	-1	2	-5	6	7	-4

15 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	7	2	-2	-8	-5	4	7	0	-1	-1	2
2	6	-1	-8	-1	1	0	-3	-1	-8	4	7
3	3	0	1	-8	-3	-2	3	3	-2	-8	-9
4	8	-3	4	-8	-9	5	0	0	3	-8	6
5	-9	4	0	-6	-3	3	-8	6	4	5	-2
6	-7	-5	-2	-8	3	8	-2	8	-4	2	-7
7	8	2	-2	-9	6	-3	-7	-4	4	3	-3
8	-5	-4	7	-5	-8	0	-4	-8	7	4	-5
9	3	6	3	4	-4	-9	-6	4	6	3	2
10	0	7	4	7	-3	1	5	7	-8	-6	3
11	3	8	-3	-6	-5	-7	-2	-5	0	-6	7
12	-9	1	-5	-1	-1	-9	4	6	-6	4	-5
13	-5	-5	7	4	8	4	-8	7	-8	8	2
14	2	5	-1	3	-6	-2	7	3	-6	-6	-3
15	-8	-9	-8	6	-4	-1	4	-7	5	1	-8
16	1	4	7	-2	2	1	6	5	-6	-9	-6
17	4	-1	-6	-6	3	6	-6	1	2	-2	3
18	6	5	-6	-9	-5	5	-9	-7	-5	-9	3
19	-3	-8	-7	-9	6	4	7	-2	5	-9	-3
20	3	-6	-9	8	-6	7	1	-2	4	4	0

16 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	8	-1	1	2	7	3	5	6	-3	4	5
2	-6	-8	-2	2	5	-1	6	1	-2	6	0
3	-1	-6	-7	6	-8	6	7	-1	0	4	1
4	2	-6	1	3	4	6	-9	5	-2	5	3
5	0	-2	3	1	-2	-5	-7	0	2	2	-8
6	6	2	-1	3	1	-6	-8	-4	-1	-2	-2
7	-6	3	-6	3	0	2	-5	-1	2	3	1
8	4	8	6	-6	-7	-1	6	-7	4	5	-4
9	-4	8	8	-2	1	3	-2	-3	5	1	-6
10	8	-2	5	7	-6	8	5	-8	-4	-5	3
11	3	-9	-3	-4	-8	-3	-4	-7	7	7	-1
12	-8	3	-5	8	0	-9	-9	-5	8	7	-1
13	-5	-4	-5	-4	-1	-7	4	-1	-4	-1	-9
14	5	-5	1	4	-7	-9	-7	0	-3	2	1
15	-2	-5	-6	7	-3	8	-7	-4	7	-5	1
16	1	2	-2	-8	-5	-5	-4	4	-1	-9	0
17	-6	3	-9	-7	-6	-9	5	-9	-7	-5	6
18	-2	-4	-7	-2	3	6	-2	7	-5	-4	6
19	-4	-8	-4	8	-4	4	-1	7	8	7	4
20	-1	2	-2	3	-9	6	1	-3	7	3	4

17 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-2	7	3	2	-9	-3	1	-4	6	2	8
2	3	-7	0	7	-9	-3	4	-6	7	1	3
3	6	6	-3	-2	-5	6	8	-4	-8	-6	-2
4	6	-5	4	-5	-6	5	-6	-3	0	7	6
5	-9	7	-9	-2	-5	-8	-7	-8	-5	-8	-9
6	-8	0	-1	-1	-5	3	-6	-7	7	5	2
7	0	-9	-5	5	-9	-1	-8	8	2	6	2
8	-5	-4	-2	-2	5	-5	8	6	-9	6	0
9	-4	-9	-2	2	4	-3	0	3	-2	-4	-2
10	3	-5	3	2	5	4	6	-9	8	-7	-7
11	-6	6	0	7	-3	8	1	-9	5	8	-4
12	-8	-9	-4	-5	-3	5	-4	4	6	5	-8
13	-3	-2	-9	-9	-9	-3	-8	-1	4	-7	-7
14	1	-5	-1	-1	-4	-1	2	-6	-6	-6	3
15	-6	-1	-2	4	-5	0	0	-2	1	-2	5
16	0	1	7	-1	-2	2	2	0	4	-1	-5
17	-5	-1	-1	-4	4	-4	0	8	2	7	6
18	0	-2	8	-4	-8	-2	7	4	-8	3	-1
19	4	-4	5	-9	2	5	3	-1	1	3	-6
20	8	-5	-7	0	3	-7	-7	-4	4	7	1

18 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-7	3	-9	-2	3	3	0	6	-9	7	-8
2	6	-5	5	-2	-7	7	0	-8	4	-4	6
3	5	-2	8	-3	-8	0	-7	3	7	6	-9
4	-3	7	-5	5	-2	4	2	-6	7	1	-4
5	6	-9	8	-3	-9	3	8	3	4	4	-4
6	2	-3	5	-8	2	-6	4	4	-1	1	-2
7	6	-7	8	-2	1	6	-4	-4	-3	-4	-9
8	-9	0	-6	3	-2	-1	8	-2	-5	-6	6
9	-7	-6	-2	-7	0	-2	5	3	2	-7	-9
10	2	0	-3	3	0	-5	-4	-1	-2	-8	2
11	0	1	6	8	5	-8	4	-7	-7	-9	-5
12	6	-7	0	-2	1	4	0	-8	5	0	-4
13	7	-7	4	3	-9	-5	-7	-6	-2	1	5
14	1	-3	2	-8	2	-8	-6	6	-6	2	-8
15	0	-3	-4	8	-5	8	7	4	1	2	0
16	-2	-4	-3	-1	-3	0	-7	-1	2	8	-5
17	-6	3	-2	-7	6	-6	-9	-2	-7	-7	2
18	-8	2	-2	8	-7	8	-6	-4	-6	5	-9
19	-7	2	0	7	3	5	2	1	1	1	-5
20	-3	-9	-8	-1	7	-6	3	3	-4	3	-4

19 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	4	-7	-3	-3	4	-9	1	2	2	1	-1
2	-3	7	-7	2	0	-8	-6	-4	-4	-3	2
3	-5	-9	8	4	-7	6	-4	-5	1	-6	0
4	-5	-1	3	0	-6	-3	-5	4	-4	-9	2
5	4	4	0	7	4	5	0	-1	-4	-1	2
6	-9	0	-5	8	-5	-1	-8	-3	-9	-2	0
7	-2	6	-9	-1	-9	-1	-4	8	-9	1	6
8	5	-7	-4	0	-4	-4	-3	-5	-1	6	5
9	-7	8	0	3	2	7	-4	1	-2	-2	1
10	3	7	8	0	0	-1	-9	-9	8	6	-2
11	-2	-9	1	-4	7	5	8	2	5	0	7
12	-4	-5	8	2	5	-3	-8	5	1	-4	7
13	5	1	3	5	-2	-8	-4	0	-2	2	-5
14	-2	-8	-5	7	0	8	-9	-2	2	-9	8
15	0	6	8	5	-1	6	3	-1	-8	-3	-3
16	-1	-2	0	-5	2	-3	-6	-6	-2	0	2
17	-7	3	1	-4	8	2	0	-4	2	-4	4
18	-7	-4	7	-2	-7	-5	2	-4	4	-5	0
19	3	8	-7	-5	1	1	6	6	-6	-9	8
20	-6	-3	8	3	-1	-6	5	7	-9	-4	1

20 вариант

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	1	-8	1	3	-7	-4	2	6	8	8	-5
2	-5	3	2	-7	-3	-5	5	1	-3	3	-1
3	5	-6	2	-5	8	-3	-1	-7	-6	-5	-5
4	-3	5	2	1	0	-7	-1	4	-9	-8	6
5	-5	1	-4	0	0	-3	2	7	5	6	-1
6	-3	-3	-1	7	6	-8	-9	-3	0	-9	2
7	-3	5	-3	-7	6	5	1	-8	-9	-1	-5
8	2	1	4	-8	-4	5	-4	2	-4	-1	8
9	7	2	-5	-4	-8	-9	-5	-9	-4	3	7
10	-2	-4	-2	6	-3	7	-9	4	-9	-1	8
11	-8	-2	-3	-2	5	0	-7	8	6	2	1
12	-1	4	4	-3	0	7	-4	-2	-5	-9	-3
13	-4	1	-3	4	-7	0	6	2	8	8	8
14	-7	4	-2	-5	3	-6	-6	4	6	6	6
15	7	-6	4	5	1	6	7	-6	-1	3	-2
16	8	0	-2	1	-1	-9	-5	0	6	-2	-1
17	2	-7	5	4	4	-4	-2	-7	-7	0	0
18	4	-5	-7	-2	-4	-8	-6	5	0	-3	5
19	-1	8	4	0	7	7	-7	7	2	7	-1
20	-3	-7	5	2	-1	8	-8	5	-5	-7	-3

Пример решения

Решение

Номер п/п	Измерения в группе										
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
1	-1	1	1	8	-1	5	-1	6	-6	1	1
2	-4	3	-9	4	1	-2	-8	-7	-5	2	-5
3	-6	-1	-7	0	-6	-3	-6	-3	2	-8	5
4	-4	-6	1	8	-3	5	8	1	-8	4	7
5	-1	2	2	2	-5	-4	6	4	-7	6	7
…	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**	**…**
20	5	-3	-1	-1	-3	-7	1	2	-3	8	-6
21	-9	5	-1	7	-6	2	-4	5	0	8	-9
22	-8	7	-6	-3	-7	6	-6	-9	3	3	-2
23	-3	-1	5	7	2	7	1	8	7	-8	-7
24	-5	-6	-8	5	-4	6	0	-3	-5	6	-4
25	3	-2	-7	1	8	3	-8	8	4	6	-4

1) Находим среднее значение $\bar{X}$ и размах $\overline{R}$в каждой группе

$\bar{X}_J$	$\max_j$	$\min_j$	$\overline{R_j}$	$\overline{s_j}$
1,272727	8	-6	14	3,87533
-2,72727	4	-9	13	4,60632
-3	5	-8	13	4,123106
1,181818	8	-8	16	5,741397
1,090909	7	-7	14	4,763498
-0,09091	8	-6	14	4,526689
-0,72727	7	-9	16	4,776838
-1	3	-9	12	4,123106
1,363636	7	-8	15	5,835627
-0,54545	8	-8	16	5,663279
-1,27273	6	-9	15	5,312079
1,272727	7	-4	11	3,951985
0	8	-8	16	6,26099
-1,81818	5	-8	13	4,935953
-3,18182	8	-9	17	5,381787
-1,81818	7	-8	15	4,915652
-3,72727	2	-8	10	3,036146
2,363636	7	-4	11	4,006812
3,181818	8	-3	11	3,789939
-0,72727	8	-7	15	4,496463
-0,18182	8	-9	17	6,177672
-2	7	-9	16	5,813777
1,636364	8	-8	16	5,78399
-1,63636	6	-8	14	5,084737
1,090909	8	-8	16	5,647204

2) Среднее по 25 группам

$\overline{X} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\overline{x_j} = -0{,}4$ мм

$\overline{R} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\overline{R_j} = 14{,}24$ мм

$\overline{s} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\overline{s_j} = 4{,}9$ мм

где k — количество подгрупп.

3) На первом этапе необходимо подготовить *S*-карту и определить по ней состояние управляемости процесса.

S-карта:

Центральная линия $C_L = \overline{s} = 4{,}9$ мм

$U_{CL} = B_4\overline{s} = 1{,}679 \cdot 4{,}9 = 8{,}23$ мм

$L_{CL} = B_3\overline{s} = 0{,}321 \cdot 4{,}9 = 1{,}57$мм

Значения B_3 = 0,321 и B_4 = 1,679 взяты из [таблицы 2,2] для n = 11.

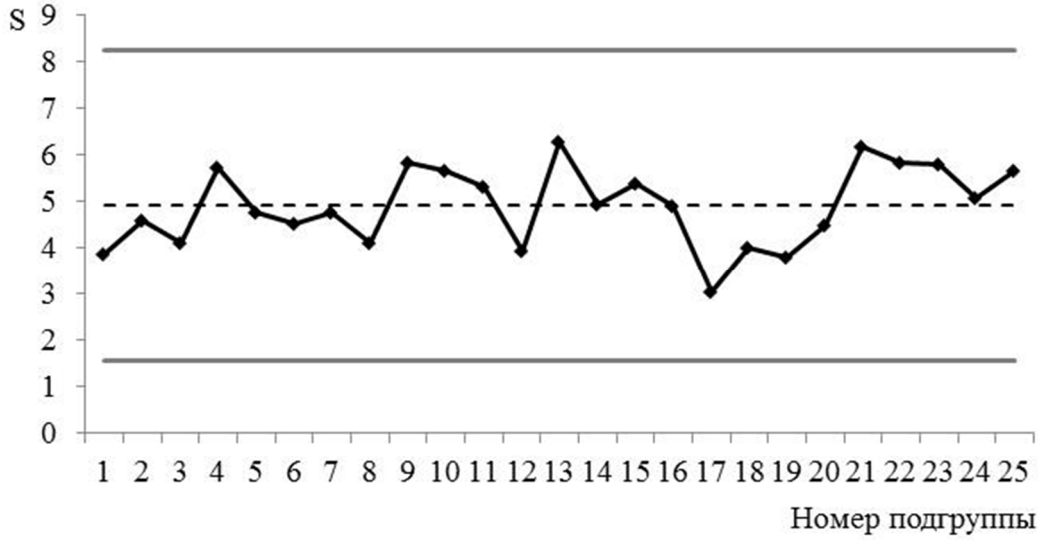


Рисунок 1 – *S*-карта

ВЫВОД: *S*-карта (рис. 1) показывает, что процесс находится в статистически управляемом состоянии.

4) Затем на основе значений $\overline{X}$ и *S* следует построить *X*-карту.

X-карта:

Центральная линия $C_L = \overline{X} = -0{,}4$ мм

$U_{CL} = \overline{X} + A_3\overline{s} = -0{,}4 + 0{,}927 \cdot 4{,}9 = 4{,}147$ мм

$L_{CL} = \overline{X} - A_3\overline{s} = -0{,}4 - 0{,}927 \cdot 4{,}9 = -4{,}947$ мм

Значения A_3 = 0,927 взяты из [таблицы 2,2] для n = 11.

ВЫВОД: *X*-карта (рис. 2) показывает, что процесс находится в статистически управляемом состоянии.

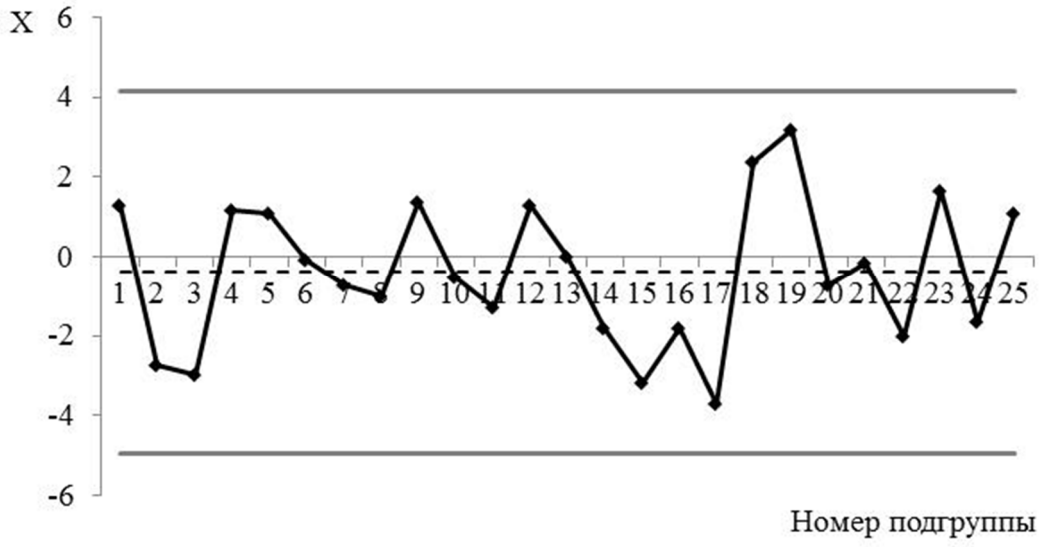


Рисунок 2 – *X*-карта

5) Расчет показателей возможностей процессов.

Анализ контрольных карт показывает, что процесс находится в состоянии стабильности и по стандартному отклонению и по положению среднего. В этом случае следует рассчитывать индексы воспроизводимости на основе собственной изменчивости процесса.

Оценку собственной изменчивости процесса рассчитывают по формуле

$$\widehat{\sigma_I} = \frac{\overline{s}}{c_4} = \frac{4{,}9}{0{,}9754} = 5{,}03$$

Значения c_4 = 0,9754 для n = 11.

Значение индексов воспроизводимости и рассчитывают по формулам:

$$\mathrm{C_p} = \frac{U_{CL} - L_{CL}}{6\widehat{\sigma_I}} = \frac{4{,}147 - (-4{,}947)}{6 \cdot 5{,}03} = 0{,}301$$

$$\mathrm{C}_{pk} = min\left\{\frac{U_{CL} - \overline{X}}{3\widehat{\sigma_I}}; \frac{\overline{X} - L_{CL}}{3\widehat{\sigma_I}}\right\} = \left\{\frac{4{,}147 - (-0{,}4)}{3 \cdot 5{,}03}; \frac{-0{,}4 - (-4{,}497)}{3 \cdot 5{,}03}\right\} = 0{,}301$$

ВЫВОД: Поскольку значения C_p и C_{pk} малы, то возможности процесса нельзя считать приемлемыми. Необходимо снизить влияние обычных причин, поддерживая процесс в стабильном состоянии, а также улучшить настройку процесса на центр поля допуска. Если процесс оставить без улучшений, то при выполнении рекомендаций прогноз уровня несоответствий такого процесса будет составлять ориентировочно 32.2% [табл. Б1, 3]несоответствующих единиц продукции.

2. Статистические методы контроля качества

Погрешности обработки заготовки распределяются по самым сложным законам, часто довольно сложным — комбинированным.

В среднем можно считать, что при обработке заготовок с повышенной точностью 5–6-го квалитетов и выше, при их обработке по методу пробных проходов, погрешности размеров распределяются по закону равной вероятности.

При обработке заготовок с точностью 7–8-го, а в отдельных случаях и 6-го квалитетов распределение погрешностей подчиняется закону равнобедренного треугольника. При механической обработке заготовок с точностью 8, 9, 10-го квалитетов (и грубее), особенно при автоматическом получении заданных размеров, распределение имеет характер нормального закона.

Приняв гипотезу о предполагаемом распределении погрешностей обработки, надо проверить эту гипотезу. Рекомендуется использовать критерий Пирсона (критерий "χ-квадратов"). Причем можно использовать запись критерия в виде:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(n_{oi} - n_{pi}\right)^2}{\sum_{i=1}^{k} n_{pi}^2}$$

где n_{oi} — опытное число замеров, приходящееся на один i-й интервал;

n_{pi} — расчетное (соответствующее, предполагаемому закону) число замеров на тот же интервал;

k— расчетное число интервалов.

Рекомендуется интервал варьирования разбить на u = 5 – 7 элементарным интервалам, для которых подсчитать вероятность попадания переменной. В этом случае число степеней свободы $K = u - 1$. Установив число степеней свободы и задавшись уровнем значимости α, по табл. 2 установить табличное значение критерия $\chi^2_{табл}$ и, если $\chi^2_{оп} < \chi^2_{табл}$ гипотеза о предполагаемом законе распределения принимается.

Таблица 2 – Критические точки распределения χ^2

Число степеней свободы К	Уровень значимости α						
	0,001	0,01	0,02	0,05	0,1	0,20	0,30
2	13,82	9,21	7,82	5,99	4,6	3,22	2,41
3	16,27	11,34	9,84	7,82	6,25	4,64	3,66
4	18,64	13,28	11,67	9,49	7,78	5,99	4,88
5	20,5	15,09	13,39	11,07	9,24	7,29	6,06

Примечание. Обычно при анализе технол. операции принимается уровень значимости α = 0,05.

При законе равной вероятности попадания случайного значения размера детали в интервале

$$n_{pi} = n / u$$

где n – число замерных деталей.

При законе равнобедренного треугольника

$$n_{pi} = n \cdot P_i$$

где $P_i = P[x_1 < x < x_2] = \frac{x_2 - x_1}{12\sigma^2}(4{,}9\sigma - x_1 - x_2)$; σ – стандартное отклонение, найденное по опытным данным; x_1 и x_2 – размеры границ элементарного интервала.

При нормальном законе распределения $n_p = nP_i$, где вероятность P_i определяется по таблице 3 значений, функций Ф(z) ($z = x/\sigma$).

Установив закон распределения случайных погрешностей и подсчитав статистические характеристики распределения, можно установить величину поля рассеяния случайных отклонений размеров заготовки:

– при нормальном распределении $\omega = 6\sigma$;
– при распределении по закону Симпсона $\omega = 4{,}9\sigma$;
– при распределении по закону равной вероятности $\omega = 3{,}4\sigma$.

Надежность обработки заготовки без брака характеризуется запасом точности данной операции

$$\psi = TA/\omega,$$

где ТА — поле чертежного допуска детали.

Когда запас точности $\psi > 1$, обработка заготовки может быть осуществлена без брака (если вероятность брака у анализируемой партии деталей существует, то это указывает на необходимость под наладки станка).

При $\psi < 1$ брак весьма вероятен. При $\psi \geq 1{,}2$ процесс обработки можно считать надежным.

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 4. Номер варианта соответствует порядковому номеру по списку группы.

Таблица 3 – Табличное значение функции Ф(*z*)

Z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,000	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	0,0909	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	0,1555	0,1591	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	0,2045	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	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3183	0,3212	0,3228	0,3264	0,3269	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	0,37	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	0,4812	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	0,4890
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	0,4958	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	0,4978	0,4979	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4984	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4986	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,499	0,499

Таблица 4 – Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
0	Операция черновой обточки шейки вала $Ø55_{-0,3}$	54,900	54,870	54,850	54,920	54,870
		54,950	54,984	54,870	54,900	54,950
		54,850	54,800	54,990	54,955	54,900
		54,000	54,989	54,870	54,900	54,900
		54,920	54,925	54,900	54,955	54,925
1	Шлифование шейки вала $Ø30_{-0,033}$	29,992	29,977	29,986	29,962	29,99
		29,989	29,973	29,976	29,972	29,985
		29,988	29,978	29,984	29,985	29,980
		29,981	29,974	29,985	29,982	29,980
		29,978	29,976	29,981	29,982	29,981
2	Алмазная расточка отверстия $Ø100^{+0,054}$	100,045	100,015	100,015	100,040	100,030
		100,020	100,01	100,032	100,035	100,030
		100,040	100,005	100,010	100,030	110,025
		100,025	100,012	100,015	100,040	100,025
		100,030	100,030	100,020	100,025	100,022
3	Операция получистовой обточки шейки вала $Ø60_{-0,09}$	59,900	59,920	59,990	59.975	59,915
		59,950	59,960	59,955	59,950	59,925
		59,915	59,970	59,975	59,990	59,920
		59,925	59,950	59,955	59,970	59,950
		59,940	59,950	59,950	59,960	59,940
4	Операция доводки шейки вала $Ø85_{-0,022}$	84,998	84,997	84,990	84,990	84,988
		84,998	84,985	84,992	84,996	84,982
		84,988	84,980	84,997	84,980	84,995
		84,990	84,995	84,992	84,995	84,988
		84,982	84,996	84,985	84,980	84,985
5	Операция шлифования шейки вала $Ø85_{-0,056}$	84,998	84,962	84,975	84,980	84,970
		84,985	84968	84,982	84,984	84,980
		84,990	84,988	84,975	84,970	84,978
		84,992	84,985	84,975	84,982	84,978
		84,970	84,985	84,980	84,980	84,976
б	Операция черновой обточки шейки вала $Ø50_{-0,25}$	49,925	49,960	49,975	49,995	49,990
		49,975	49,950	49,960	49,975	49,950
		49,980	49,970	49,950	49,965	49,975
		49,950	49,965	49,970	49,965	49,950
		49,965	49,96	49,950	49,960	49,980
7	Операция доводки отверстия $Ø75^{+0,019}$	75,019	75,015	75,015	75,005	75,010
		75,018	75,001	75,002	75,018	75,010
		75,002	75,017	75,014	75,007	75,005
		75,002	75,010	75,015	75,019	75,009
		75,005	75,019	75,006	75,002	75,006

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
8	Операция чернового растачивания отверстия $Ø60^{+0,19}$	60,050	60,075	60,075	60,150	60,050
		60,075	60,030	60,050	60,040	60,010
		60,050	60,075	60,060	60,020	60,080
		60,050	60,100	60,080	60,050	60,030
		60,075	60,080	60,100	60,075	60,100
9	Операция тонкой обточки шейки вала $Ø35_{-0,039}$	34,988	34,986	34,973	34,971	34,967
		34,961	34,991	34,981	34,962	34,983
		34,977	34,972	34,984	34,974	34,982
		34,977	34,972	34,976	34,987	34,982
		34,968	34,976	34,977	34,978	34,978
10	Операция хонингшия отверстия $200^{+0.072}$	200,045	200,03	200,024	200,020	200,035
		200,055	200,04	200,030	200,020	200,000
		200,015	200,045	200,030	200,015	200,010
		200,045	200,035	200,030	200,040	200,035
		200,030	200,024	200,030	200,030	200,020
11	Операция чистовой расточки отверстия $Ø120^{+0,14}$	120,085	120,040	120,040	120,020	120,015
		120,060	120,050	120,030	120,005	120,075
		120,080	120,060	120,050	120,050	120,050
		120,065	120,030	120,075	120,060	120,040
		120,050	120,050	120,075	120,065	120,065
12	Операция шлифования шейки вала $Ø55_{-0,048}$	54,970	54,980	54,982	54,975	54,988
		55,000	54,996	54,980	54,985	54,990
		54,978	54,985	54,995	54,978	54,988
		54,975	54,982	54,995	54,990	54,990
		54,985	54,985	54,982	54,080	54,975
13	Операция чистового шлифования шейки вала $Ø40_{-0,025}$	39,983	39,982	39,99	39,992	39,982
		39,975	39,992	39,986	39,98	39,986
		39,994	39,983	39,988	39,997	39,980
		39,981	39,99	39,985	39,989	39,990
		39,995	39,988	39,986	39,985	39,984
14	Операция черновой расточки отверстия $Ø65^{+0,3}$	65,080	65,040	65,060	65,060	65,040
		65,040	65,075	65,050	65,050	65,010
		65,030	65,030	65,075	65,060	65,020
		65,080	65,075	65,020	65,040	65,050
		65,075	65,075	65,060	65,060	65,050
15	Операция шлифования шейки вала $Ø25_{-0,084}$	24,925	24,96	24,945	24,350	24,965
		24,920	24,985	24,970	24,950	24,925
		24,916	24,950	24,985	24,965	24,950
		24,935	2.4,965	24,955	24,950	24,970
		24,955	24,950	24,935	24,930	25,000

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
16	Операция чистовой обточки шейки вала $Ø18_{-0,07}$	17,980	17,990	17,970	17,970	17,995
		17,970	17,985	17,990	17,960	17,965
		17,975	17,960	17,985	17,955	17,970
		17,975	17,975	17,960	17,965	17,985
		17,975	17,970	17,965	17,975	17,980
17	Чистовая обточка шейки вала $Ø30_{-0,084}$	29,989	29,975	29,963	29,965	29,975
		29,995	29,990	29,965	29,975	29,990
		29,985	29,955	29,970	29,980	29,975
		29,990	29,975	29,965	29,960	29,960
		29,965	29,970	29,985	29,980	29,990
18	Операция доводки отверстия $Ø50^{+0,016}$	50,014	50,012	50,005	50,000	50,002
		50,010	50,005	50,002	50,010	50,015
		50,010	50,014	50,002	50,008	50,002
		50,005	50,015	50,005	50,008	50,010
		50,005	50,008	50,010	50,002	50,008
19	Операция черновой обточки шейки вала $Ø32_{-0,25}$	31,860	31,900	31,920	31,920	31,990
		31,960	31,825	31,900	31,880	31,980
		31,920	31,860	31,870	31,940	31,960
		31,920	31,900	31,940	31,870	31,880
		31,950	31,900	31,920	31,950	31,920
20	Операция шлифования отверстия $Ø35^{+0,089}$	35,022	35,01	35,015	35,018	35,015
		35,003	35,004	35,015	35,02	35,025
		35,018	35,015	35,005	35,02	35,022
		35,012	35,01	35,005	35,015	35,01
		35,024	35,018	35,016	35,016	35,012
21	Операция черновой обточки шейки вала $Ø40_{-0,16}$	39,990	39,930	39,930	39,970	39,930
		39,950	39,965	39,970	39,975	39,930
		39,950	39,965	39,960	39,960	39,985
		39,950	39,900	39,975	39,950	39,920
		39,940	39,950	39,950	39,920	39,950
22	Операция тонкого шлифования шейки вала $Ø12_{-0,011}$	11,989	12,000	11,99	11,997	11,992
		11,998	12,000	11,992	11,995	12,000
		11.992	11,989	11,995	11,998	12,000
		11,997	11,990	11,990	11,989	11,995
		11,998	11,995	11,992	11,989	11,995
23	Операция чистовой расточки отверстий $Ø125^{+0,063}$	125,050	125,040	125,040	125,035	125,020
		125,020	125,005	125,045	125,025	125,015
		125,010	125,024	125,025	125,035	125,030
		125,015	125,020	125,030	125,025	125,030
		175,035	125,045	125,045	125,030	125,020

Вариант	Операция	Размеры деталей пробы				
24	Операция тонкого шлифования шейки вала $Ø20_{-0,013}$	19,990	19,995	19,997	20,000	19,990
		19,990	19,998	19,997	19,989	20,000
		19,998	19,992	19,992	19,990	19,995
		19,995	19,989	19,99	19,992	19,992
		19,995	19,992	19,995	19,942	19,942
25	Операция чистовой расточки отверстия $Ø150^{+0,063}$	150,030	150,025	150,035	150,040	150,025
		150,025	150,020	150,008	150,010	150,035
		150,025	150,015	150,020	150,040	150,012
		150,050	150,040	150,015	150,025	150,030
		150,015	150,025	150,025	150,03	150,012

Пример решения

Для представленной пробы из 25 деталей, обработанных на заданной операции, вычислить числовые характеристики случайных размеров деталей, выдвинуть и проверить рабочую гипотезу о предполагаемом законе распределения случайных размеров, установить точность выполнения анализируемой операции механической обработки, установить возможный процент брака деталей при их обработке без подналадки станка.

Операция черновой обточки вала $Ø55_{-0,3}$

54,900	54,870	54,850	54,920	54,870
54,950	54,984	54,870	54,900	54,950
54,850	54,800	54,990	54,955	54,900
54,900	54,989	54,870	54,900	54,900
54,920	54,925	54,900	54,955	54,925

1). Вычисляются параметры распределения:

– среднее арифметическое значение отклонения:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{25} X_i}{n}, \tag{1.1}$$

где n – число измерений.

$$\bar{X} = \frac{54{,}900 + 54{,}870 + \cdots + 54{,}925}{25} = 54{,}910 \text{ мм}$$

– стандартное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{25}(X_i - \bar{X})^2}{n}}, \tag{1.2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(54{,}900 - 54{,}910)^2 + (54{,}870 - 54{,}910)^2 + \cdots + (54{,}925 - 54{,}910)^2}{25}} = 0{,}047 \text{ мм}$$

Так как допуск на размер составляет 300 мкм, то по [4, стр. 44], обрабатывается заготовка с точностью ***14 квалитета***, выдвигается и проверяется гипотеза о нормальном распределении.

Проверка гипотезы осуществляется с помощью критерия Пирсона,

значение которого рассчитывается по формуле:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(n_{o\,i} - n_{\,p\,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{k} n_{p\,i}^2}$$

Размеры детали лежат в пределах от X_{min} = 54,800 мм до X_{max} = 54,990 мм.

Размах значений выборки:

$R = X_{max} - X_{min} = 54{,}990 - 54{,}800 = 0{,}190$ мм.

Находим количество интервалов:

$$k = 1 + 3{,}2 \cdot lgn = 5{,}47 \approx 6$$

Вычисляем ширину интервалов:

$$h_{инт} = \frac{R}{k} = \frac{0{,}190}{6} = 0{,}032 \text{ мм}$$

Определяем границы интервалов и частоты появления значений в них f_i, а также высоты гистограммы опытной частоты f_{oi}:

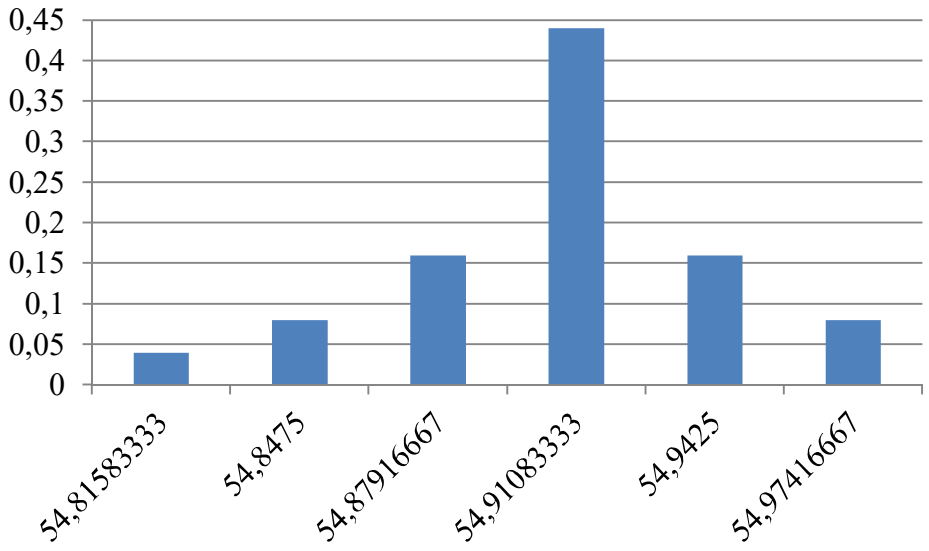
$$f_{oi} = \frac{f_i}{n}$$

Опытная частота (f_i): число замеров деталей, приходящихся на интервал (при совпадении размера с границей интервала в два соседних интервала записывается по 0,5 детали).

Таблица 5 – Интервалы исходного ряда

Интервал	Ниж. граница	Верх.граница	f_i	f_{oi}
I	54,800	54,832	1	0,04
II	54,832	54,863	2	0,08
III	54,863	54,895	4	0,16
IV	54,895	54,927	11	0,44
V	54,927	54,958	4	0,16
VI	54,958	54,990	3	0,08

Построим гистограмму:



По виду гистограммы можно сказать, что закон распределения близок к нормальному.

Проверим гипотезу, о законе распределения. Для определения теоретической частоты (n_{pi}), необходимо установить теоретическую вероятность появления размеров в интервале, для чего необходимо воспользоваться значениями интеграла Лапласа Ф(z), для чего требуется определить оператор Лапласа (z)для каждого интервала по формуле:

$$z_i = \frac{x_i}{\sigma},$$

Вероятность попадания размера в интервал (по справочным данным) определяется по формуле:

$$P_i = \Phi\left(z_{\text{пр}}\right) - \Phi\left(z_{\text{лев}}\right),$$

где $z_{\text{пр}}$, $z_{\text{лев}}$– операторы Лапласа по правой и левой границе интервала соответственно.

Значения z для интервалов:

$$z_{\text{пр}} = \frac{X_{\text{пр}} - \overline{X}}{\sigma}; \qquad z_{\text{лев}} = \frac{X_{\text{лев}} - \overline{X}}{\sigma}$$

Значение Ф(z) выбирается по таблице 3.

Вспомогательная таблица 6 содержит необходимые данные для расчета критерия Пирсона.

Таблица 6 – Функция Лапласа для интервалов

Границы интервалов		Оператор Лапласа		Функция Лапласа		Вероятность P_i	Опытная частота n_{pi}
$X_{\text{пр}}$	$X_{\text{лев}}$	$z_{\text{пр}}$	$z_{\text{лев}}$	$\Phi(z_{\text{пр}})$	$\Phi(z_{\text{лев}})$		
54,800	54,832	-2,35	-1,67	-0,4906	-0,4525	0,0381	0,952
54,832	54,863	-1,67	-0,99	-0,4525	-0,3389	0,1136	2,840
54,863	54,895	-0,99	-0,31	-0,3389	-0,1217	0,2172	5,430
54,895	54,927	-0,31	0,36	-0,1217	0,1406	0,2623	6,558
54,927	54,958	0,36	1,04	0,1406	0,3508	0,2102	5,255

Далее, находим опытное значение критерия Пирсона:

$$\chi^2_{\text{оп}} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(f_i - n_{pi})^2}{\sum_{i=1}^{k} n_{pi}}$$

$$\chi^2_{\text{оп}} = 1{,}034$$

Таким образом, найденное значение критерия Пирсона больше табличного, приведенного в таблице 3 (11,07).

Можно сделать вывод, что данный ряд подчиняется закону нормального распределения.

2).Надежность обработки заготовки без брака

Надежность обработки заготовки характеризуется запасом точности данной операции, определяемым по:

$$\psi = \frac{Td}{\omega}, \qquad (1.3)$$

где Td — поле чертежного допуска детали, мкм;

ω– поле рассеяния размеров, мкм. Расчетное поле рассеяния случайных размеров ω = 6σ – при нормальном законе распределения;

ω=6·0,047 = 0,280 мм.

Точность операции ψ= 0,300 / 0,280 = 1,07.

При ψ>1,0 брак мало вероятен.

3). Определение вероятности появления брака.

Брак появляется в том случае, если вероятные размеры выходят за поле допуска размера.

– *вероятные предельные размеры:*

– наибольший: d_{max} = 54,910+ 3·0,047 ≈ 55,050 мм.

– наименьший: d_{min} = 54,910– 3·0,047 ≈ 54,770 мм.

– *допустимые предельные размеры:*

– наибольший: d_{max} = 55,0 мм.

– наименьший: d_{min} = 55 – 0,3 = 54,7 мм.

Возможен **<u>исправимый брак</u>** в пределах от 55,0 до 50,050 мм.

Вероятность появления этого брака подсчитывается следующим образом.

$$P = \Phi\left(z_{пр}\right) - \Phi\left(z_{лев}\right) = \Phi\left(\frac{55{,}050 - 54{,}910}{0{,}047}\right) - \Phi\left(\frac{55{,}000 - 54{,}910}{0{,}047}\right)$$
$$= \Phi(3{,}00) - \Phi(1{,}93) = 0{,}4986 - 0{,}4732 = 0{,}0254$$

Список использованной и рекомендуемой литературы

1. Бородачёв, С. М. Статистические методы в управлении качеством : учебное пособие / С. М. Бородачёв. — Екатеринбург : Изд-во Урал.ун-та, 2016. — 87 с. ISBN 978-5-7996-1718-9

2. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015 «Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта»

3. ГОСТ Р 50779.44-2001 «Статистические методы. Показатели возможностей процессов.Основные методы расчета».

4. Сборник заданий потехнологии машиностроения и примеры их выполнения: Учеб.пособие / Ю. Н. Полянчиков, А. Г. Схиртладзе, А. Н. Воронцова, С. И. Кормилицин, В. А. Солодков, М. Ю. Полянчикова, Д. В. Крайнев, А. А. Емельяненко. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2012. – 126 с. ISBN 978-5-9948-0868-9.

Электронное учебное издание

Анастасия Алексеевна **Исаева**

«Статистические методы контроля качества»

Методические указания

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2022 г. Поз. № 97.
Подписано к использованию 10.10.2022. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 1,9.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г.Волгоград, пр.Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ(филиал) ВолгГТУ.
404121, г.Волжский, ул.Энгельса, 42а.