



В. Г. Новоселов

**ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ТОЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ  
ОПЕРАЦИЙ**

Екатеринбург  
УГЛТУ  
2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

Кафедра механической обработки древесины

В. Г. Новоселов

## **ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ОПЕРАЦИЙ**

Методические указания  
к выполнению практических заданий  
по дисциплине «Оборудование отрасли»  
для обучающихся по направлению подготовки бакалавров  
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих  
производств», «Управление качеством».  
Все формы обучения

Печатается по рекомендации методической комиссии  
Инженерно-технического института УГЛТУ.

Протокол № 2 от 5 октября 2023 г.

Рецензент – доцент, канд. техн. наук *Е. Г. Кучумов*

Предназначены для всех обучающихся, осваивающих образовательные программы всех направлений и специальностей высшего образования, реализуемых в УГЛТУ.

Редактор Р. В. Сайгина  
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

---

Подписано в печать 22.08.2024

Плоская печать

Заказ №

Формат 60×84 1/16 Поз. 19

Печ. л. 0,70

Тираж 10 экз.

---

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ  
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

## Задача 1

### Определение технологической точности системы рейсмусования древесины

**Дано:** Через 30 минут работы рейсмусового станка произведен отбор обработанных заготовок и выполнено  $n = 20$  измерений толщин  $X_i$ , имеющих номинальный размер  $X_T = 22$  мм с допуском по 11-у качеству  $T = 0,13$  мм (прил. А).

**Требуется:** Определить статистические характеристики фактических размеров ( $\bar{X}$ ,  $S$ ), определить коэффициент точности  $K_T$  и коэффициент настроенности  $K_H$ . Сделать вывод о необходимости подналадки (настройки) оборудования.

**Решение:**

1. Располагаем данные в упорядоченный ряд в порядке возрастания значений (табл. 1)

Таблица 1

Размеры деталей и квадраты их отклонений от среднего выборочного

$X_i$	$(X_i - \bar{X})^2$
21,97	0,002162
21,99	0,000702
21,99	0,000702
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,01	0,000042
22,02	0,000012
22,02	0,000012
22,02	0,000012
22,02	0,000012
22,02	0,000012
22,02	0,000012
22,03	0,000182
22,04	0,000552
22,04	0,000552
22,04	0,000552
22,05	0,001122

2. Вычисляем статистические характеристики фактических размеров

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = \frac{440.33}{20} = 22,02 \text{ мм};$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{0,006855}{20}} = 0.0185 \text{ мм}.$$

3. Определяем коэффициент точности

$$K_T = \frac{6S}{T} = \frac{6 * 0,0185}{0,13} = 0,854,$$

4. Определяем коэффициент настроенности

$$K_H = \frac{\bar{X} - X_T}{T} = \frac{22.02 - 22}{0.13} = 0.154.$$

## Выводы

- Точность технологической операции можно считать удовлетворительной, так как  $0,75 < K_T < 0,98$ .

- Настроенность станка можно считать высокой с запасом, так как  $0 < |K_H| < 0,25$ .

- В целом технологическую точность операции можно считать удовлетворительной. Немедленная остановка станка и подналадка не требуются, следует выполнить подналадку при ежесменном техническом обслуживании эксплуатационным персоналом путем регулировки и/или замены (заточки) инструмента.

Примечания:

1. При высокой технологической точности системы следует через 60 минут работы провести повторную выборку обработанных деталей, определить коэффициент точности  $K_T$  и коэффициент настроенности  $K_H$  и принять решение о продолжении работы.

2. При неудовлетворительном состоянии ( $K_T \geq 0,98$  и/или  $K_H \geq 0,5$ ) следует остановить станок, произвести подналадку (настройку). Если состояние не улучшится хотя бы до удовлетворительного, проверить геометрическую точность станка, выявить и устранить причину.

## Задача 2

### Проверка соответствия распределения размеров обработанных деталей нормальному закону

**Дано:** Через 30 минут работы рейсмусового станка произведен отбор обработанных заготовок и выполнено  $n = 20$  измерений толщин  $X_i$ , имеющих номинальный размер  $X_T = 22$  мм (см. задачу 1).

**Требуется:** Проверить значения размеров обработанных деталей на соответствие нормальному закону распределения.

#### Решение:

1. Находим наибольшее и наименьшее значения полученных размеров

$$X_{max} = 22,05 \text{ мм}; \quad X_{min} = 21,97 \text{ мм}.$$

2. Определяем размах варьирования выборки

$$R = X_{max} - X_{min} = 22,05 - 21,97 = 0,08 \text{ мм}.$$

3. Определяем количество интервалов группирования

$$K = 1 + 3,3 \lg n = 1 + 3,3 \lg 20 = 1 + 3,3 \cdot 1,3 = 4,9, \text{ принимаем } K = 5.$$

4. Определяем величину интервала группирования

$$H = R/K = 0,08/5 = 0,016 \text{ мм}, \text{ принимаем } H = 0,02 \text{ мм}.$$

5. Производим расчет теоретической кривой нормального закона распределения (табл. 2) по следующим формулам:

- а) нормальное отклонение:

$$t = \frac{x^i - \bar{x}}{S},$$

где  $x^i$  - середина интервала;  $\bar{x}$  – среднее выборочное значение;  $S$  – среднее квадратическое отклонение.

- б) плотность распределения:

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

- в) теоретическая частота:

$$n_T = \frac{H \cdot n}{S} f(t).$$

Таблица 2

Расчет теоретической кривой нормального закона распределения

№	Границы интервалов	Средины интервалов $x'$	Частоты	Нормальное отклонение $t$	Плотность распределения $f(t)$	Теоретические частоты	
						Вычисл.	Округл.
1	21,97–21,99	21,98	3	–2,162	0,039	0,84	1
2	21,99–22,01	22,00	6	–1,081	0,223	4,82	5
3	22,01–22,03	22,02	7	0,000	0,399	8,63	9
4	22,03–22,05	22,04	4	1,081	0,223	4,82	5
5	22,05–22,07	22,06	0	2,162	0,039	0,84	1

6. Сравнение эмпирического и теоретического законов распределения размеров в выборке (табл. 3)

Таблица 3

Расчет меры расхождения Пирсона

№	Границы интервалов	Частоты эмпирические $n_i$	Частоты теоретические $n_T$	$(n_i - n_T)^2 / n_T$
1	21,97–21,99	3	1	4
2	21,99–22,01	6	5	0,20
3	22,01–22,03	7	9	0,44
4	22,03–22,05	4	5	0,20
5	22,05–22,07	0	1	1,00
$\chi^2$				5,84

7. Определение вероятности согласия теоретического и эмпирического распределений

Количество степеней свободы для двухпараметрического закона распределения ( $k = 2$ ):

$$r = n - k - 1 = 20 - 2 - 1 = 17.$$

По прил. Б, при  $r = 17$  и  $\chi^2 = 5,84$  находим ближайшее большее значение 6,41, соответствующее совпадению законов распределения с вероятностью 0,99.

**Вывод.** Так как расчетное значение  $\chi^2 = 5,84$  меньше табличного 6,41, то с доверительной вероятностью  $\alpha > 0,99$ , можно считать закон распределения размеров обработанной заготовки нормальным.

## Задача 3

### Проверка возможности обработки деталей на двух станках при неизвестной их точности

**Дано:** Для обработки деталей в размер по толщине  $X = 22$  мм используются два рейсмусовых станка. Обработанные детали предназначены для изготовления щитов из массивной древесины, где возможно их перемешивание. Произведены выборки деталей с обоих станков и измерения размеров  $X_{1i}$  со станка №1 (данные задачи №6)  $X_{2i}$  со станка №2 (прил. В).

**Требуется:** Определить, можно ли считать, что оба станка настроены одинаково, и перемешивать произведенные на них детали при наборе щитов?

**Решение.**

1. Формируем таблицу для расчета

№	$x_{1i}$	$(x_{1i} - x_1^I)^2$	$x_{2i}$	$(x_{2i} - x_2^I)^2$
1	22,04	0,000552	21,97	0,001190
2	22,02	0,000012	21,98	0,000600
3	22,01	0,000042	21,98	0,000600
4	22,04	0,000552	21,99	0,000210
5	22,05	0,001122	21,99	0,000210
6	22,01	0,000042	22,00	0,000020
7	22,02	0,000012	22,00	0,000020
8	22,01	0,000042	22,00	0,000020
9	22,01	0,000042	22,00	0,000020
10	21,99	0,000702	22,00	0,000020
11	21,97	0,002162	22,00	0,000020
12	22,01	0,000042	22,01	0,000030
13	22,02	0,000012	22,01	0,000030
14	21,99	0,000702	22,01	0,000030
15	22,02	0,000012	22,01	0,000030
16	22,01	0,000042	22,02	0,000240
17	22,04	0,000552	22,02	0,000240
18	22,02	0,000012	22,03	0,000650
19	22,03	0,000182	22,03	0,000650
20	22,02	0,000012	22,04	0,001260
$\Sigma$	440,33	0,006855	440,09	0,006095
$x^I$	22,02	—	22,00	—

2. Определяем средние выборочные значения

$$x_1^I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{1i} = \frac{440,33}{20} = 22,02 \text{ мм},$$



$$x_2^I = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{2i} = \frac{440.09}{20} = 22,00 \text{ мм},$$

$$x_1^I - x_2^I = 22.02 - 22.00 = 0.02 \text{ мм}$$

3. Вычисляем в таблице квадраты разностей текущих значений размеров деталей со средними выборочными значениями и их суммы.
4. Определяем общее среднее квадратическое отклонение результатов измерений

$$S_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\Sigma(x_{1i} - x_1^I)^2 + \Sigma(x_{2i} - x_2^I)^2}{n_1 + n_2 - 2}} = \sqrt{\frac{0.006855 + 0.006095}{20 + 20 - 2}} = 0.01846 \text{ мм}$$

5. Принимаем уровни значимости  $\alpha$  и доверительные вероятности  $P$ :
  - для односторонней оценки  $\alpha = 0,01$ ,  $P = 1 - \alpha = 1 - 0,01 = 0,99$ ;
  - для двухсторонней оценки  $\alpha = 0,005$ ,  $P = 1 - \alpha = 1 - 0,005 = 0,995$ .
6. Определяем квантили распределения Стьюдента для доверительных вероятностей  
Количество степеней свободы  $\nu = n - 1 = 20 - 1 = 19$ .  
По прил. Г находим  
 $t(19; 0,99) = 2,539$ ;  
 $t(19; 0,995) = 2,861$ .
7. Проверяем предположение о том, что математическое ожидание размеров деталей, обработанных на первом станке, не меньше, чем у деталей, обработанных на втором станке

$$x_2^I - t(19; 0,99) \cdot S_{\Sigma} = 22,00 - 2,539 \cdot 0,01846 = 21,953 \text{ мм} < x_1^I = 22,02 \text{ мм}$$

предположение не отклоняется.

8. Проверяем предположение о том, что математическое ожидание размеров деталей, обработанных на первом станке, не больше, чем у деталей, обработанных на втором станке

$$x_2^I + t(19; 0,99) \cdot S_{\Sigma} = 22,00 + 2,539 \cdot 0,01846 = 22,046 \text{ мм} > x_1^I = 22,02 \text{ мм}$$

предположение не отклоняется.

9. Проверяем предположение о том, что математические ожидания размеров деталей, обработанных на первом и на втором станке совпадают

$$t(19; 0,995) \cdot S_{\Sigma} = 2.861 \cdot 0.01846 = 0.0528 \text{ мм} > x_1^I - x_2^I = 22.02 - 22.00 = 0.02 \text{ мм}$$

предположение не отклоняется.

**Выво.** Таким образом, все предположения не отклоняются и все они указывают на равенство средних значений обеих генеральных совокупностей размеров деталей, обработанных на двух станках. Оба станка настроены одинаково, и полученные детали перед сборкой можно перемешивать.

## Список рекомендуемой литературы

1. Глебов, И. Т. Технологическая точность деревообрабатывающих станков : учебное пособие / И. Т. Глебов, А. Ю. Вдовин. – Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2006. – 135 с.
2. ГОСТ 16467-70. Статистические показатели точности и стабильности технологических операций. – Москва : Изд-во Стандартов, 1973. – 21 с.

## Приложение А

### Исходные данные к задаче 1

Вариант	1,9,17,25	2,10,18	3,11,19	4,12,20	5,13,21	6,14,22	7,15,23	8,16,24
X <sub>i</sub> , мм	22,04	24,03	26,06	28,04	30,05	32,23	34,24	22,77
	22,02	24,09	26,05	28,17	30,23	32,30	34,61	20,15
	22,01	24,04	26,14	28,15	30,19	31,94	34,22	20,50
	22,04	24,02	25,99	28,09	30,20	31,86	34,17	21,50
	22,05	23,99	26,08	28,29	30,19	32,42	35,26	21,09
	22,01	24,03	26,01	28,10	30,42	32,31	35,05	20,25
	22,02	23,96	26,08	27,99	30,31	32,61	34,87	20,42
	22,01	23,99	26,07	28,15	30,32	32,30	34,64	21,00
	22,01	24,07	26,17	28,20	30,08	32,79	34,75	20,42
	21,99	24,04	26,03	27,99	30,15	32,06	34,64	20,47
	21,97	24,14	26,16	28,19	30,28	32,82	35,02	20,93
	22,01	24,04	26,17	28,07	30,29	32,44	33,68	20,31
	22,02	24,06	26,07	28,10	30,23	32,21	33,84	22,83
	21,99	24,01	26,12	28,02	30,13	31,93	35,16	21,36
	22,02	24,00	26,02	27,92	30,24	32,78	33,83	19,57
	22,01	23,98	26,06	28,23	30,29	32,45	34,26	21,35
	22,04	24,08	26,05	28,19	30,04	32,18	34,59	21,45
	22,02	24,09	26,07	28,17	30,22	32,31	34,26	20,89
	22,03	24,00	26,13	28,12	30,18	32,65	35,53	20,99
22,02	24,09	26,20	27,95	30,15	32,34	34,93	19,40	
X <sub>T</sub> , мм	22	24	26	28	30	32	34	20
<b>Вариант</b>	<b>7...9</b>	<b>10...12</b>	<b>13...15</b>	<b>16...18</b>	<b>19...21</b>	<b>22...25</b>	<b>1...3</b>	<b>4...6</b>
Квалитет	11	12	13	14	15	16	17	18
Допуск T, мм	0,13	0,21	0,33	0,52	0,84	1,6	2,5	3,9

## Приложение Б

### Мера расхождения Пирсона $\chi^2$

r	Доверительная вероятность $\alpha$						
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50
<b>15</b>	5,23	5,98	7,25	8,55	10,31	11,72	14,34
<b>16</b>	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	12,62	15,34
<b>17</b>	6,41	7,26	8,67	10,08	12,00	13,53	16,31
<b>18</b>	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	14,44	17,34

## Размеры в выборке деталей, обработанных на втором станке

Вариант	1,9,17,25	2,10,18	3,11,19	4,12,20	5,13,21	6,14,22	7,15,23	8,16,24
$X_{2i}$ , мм	20,00	24,01	26,06	28,18	29,92	31,79	33,55	19,27
	22,02	23,94	25,91	28,09	29,82	31,45	33,55	20,26
	22,01	23,95	25,94	28,20	29,60	32,23	33,89	18,92
	22,04	23,93	25,92	28,17	30,30	31,69	33,69	21,45
	22,05	23,92	26,11	27,96	30,14	31,64	33,97	19,11
	22,01	23,94	26,04	28,16	30,15	31,46	34,00	21,47
	22,02	23,93	26,03	27,95	29,65	31,22	34,04	18,99
	22,01	23,97	25,98	28,23	29,80	31,75	34,19	20,16
	22,01	24,01	25,91	27,85	30,60	32,09	33,44	21,15
	21,99	23,93	25,96	28,16	29,69	31,70	34,07	20,95
	21,97	23,91	25,92	28,06	29,94	31,44	33,49	20,27
	22,01	23,98	25,92	28,09	30,06	31,49	33,53	21,04
	22,02	23,96	25,96	28,12	29,92	31,17	33,58	20,75
	21,99	23,97	25,92	28,08	29,89	31,20	32,69	20,28
	22,02	24,05	25,93	28,17	30,07	31,87	34,27	21,50
	22,01	24,02	26,02	28,32	30,03	31,12	33,39	20,37
	22,04	24,02	26,00	28,20	29,73	31,57	34,01	21,81
	22,02	24,07	26,05	28,16	30,05	31,46	33,59	19,39
	22,03	24,06	25,94	28,12	30,13	31,14	33,72	21,17
	22,02	23,90	26,15	27,90	29,92	31,53	32,88	19,74

## Значение квантилей распределения Стьюдента

$\nu$	$P(\nu, t)$						
	0,800	0,850	0,900	0,95	0,975	0,990	0,995
17	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845