

Применение электронного тренажера в преподавании дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация»

В. А. Летягин, Е. А. Сахаров

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Продемонстрировано применение электронного тренажера для самостоятельной работы студентов в целях формирования компетенции «Способность применять основные приемы обработки и представления экспериментальных данных». Описана процедура проведения выборочного статистического контроля геометрических размеров. Представлена последовательность и особенность проведения и обработки прямых многократных измерений выборочной партии деталей. Показана работа тренажера по определению основных характеристик выборки с последующим построением полигона и гистограммы распределения размеров и по определению теоретической зависимости в предположении нормального закона распределения. Рассмотрено влияние требований к точности на величину брака и показаны возможности уменьшения брака путем корректировки технологического процесса.

Ключевые слова: статистический контроль; погрешность измерений; результат измерений; диапазон рассеяния; допуск размера; качество.

Статистический приемочный контроль качества продукции применяют, когда проведение сплошного контроля выполнить трудно из-за большого числа деталей или когда контроль связан с разрушением детали. Такой контроль называют выборочным.

Проведен контроль деталей цилиндрической формы длиной 13 мм, объем выборки N штук. Определен действительный размер (13 мм) всех деталей выборки, чтобы проанализировать правильность технологического процесса по критерию точности обработки этого размера.

Весь диапазон действительных значений размера 13 мм разбит на k интервалов шириной 10 мкм. Каждый раз выборку берут объемом ~ 100 штук. Всего взято 16 интервалов, с запасом в большую и меньшую сторону — от 12,850 мм до 13,010 мм.

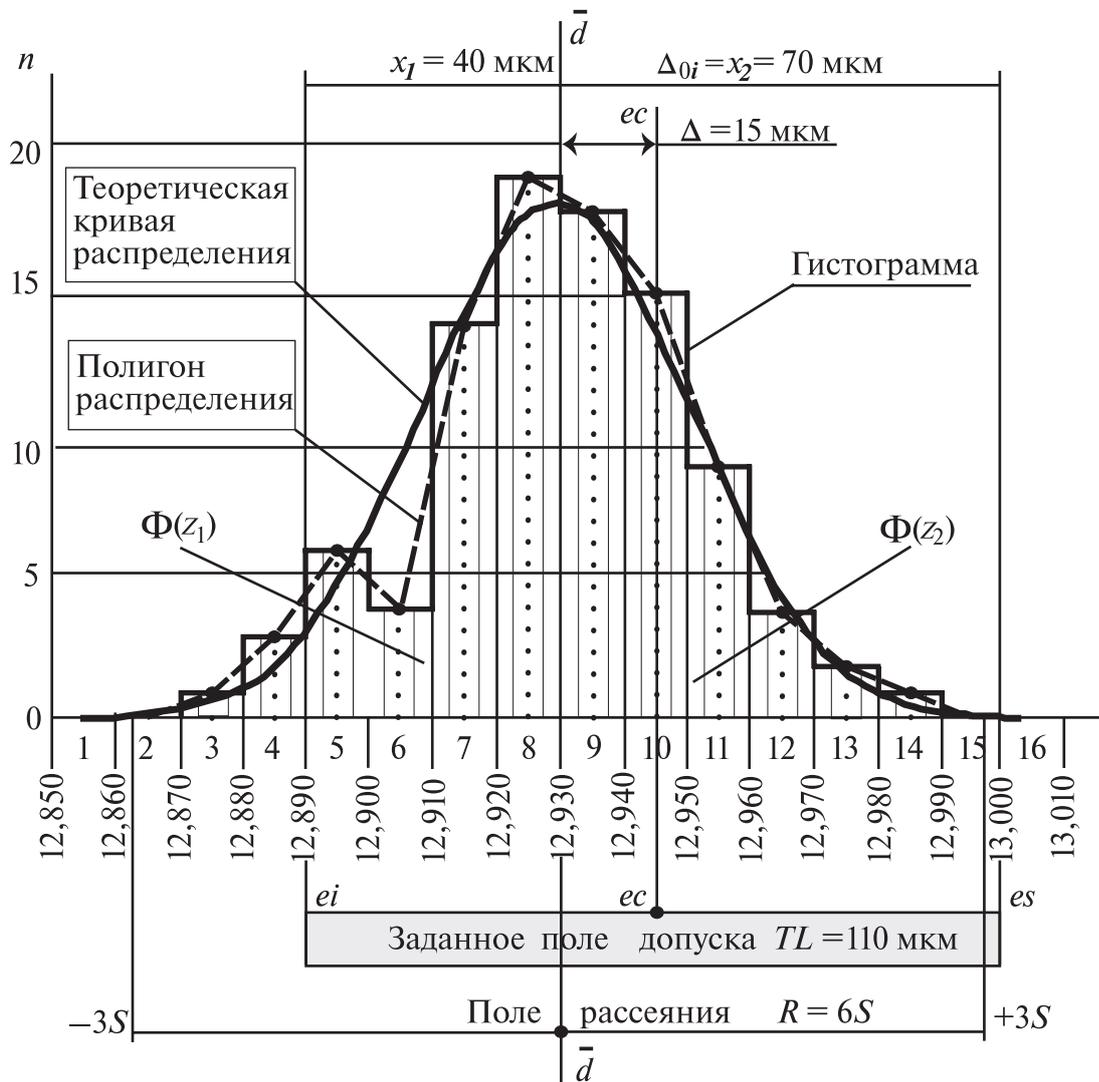
Измерения выполнены дифференциальным методом, позволяющим получать более точные результаты. Предварительная установка рычажно-зубчатой измерительной головки с точностью ± 1 мкм проведена с помощью рабочего эталона — набора плоскопараллельных концевых мер длины, настроенного на минимальный размер 12,850 мм при контролируемом размере 13 мм.

Результаты измерений занесены в виде точек в форму протокола измерений. Число точек соответствует числу образцов, попавших в данный интервал (см. рисунок).

После последовательного определения контролируемого размера каждой детали выборки открывают файл-тренажер «Статистический контроль партии деталей» с расширением x/ism . Для каждого интервала подсчитывают

число деталей n_i , размеры которых не превышают значений границ интервала, и заносят данные в таблицу файла

(см. табл. 1), в столбец «Число точек n_i ». Сверяют суммарное число деталей с общим числом измерений.



Результаты контроля выборочной партии деталей

Обработка результатов измерений производится на тренажере в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ Р 8.736-2011 [1]. При переходе на лист «Графики» появляются характеристики поля рассеяния: среднее арифметическое \bar{d} , мм и среднее квадратическое отклонение выборки S , мм. Здесь же тренажер строит эмпирические графики: полигон распределения и гистограмму, а также теоретическое распределение по закону Гаусса.

Соотношение допуска T и диапазона рассеяния $R = 6S$ показано на экране тренажера для различных уровней точности измеряемой детали 13 мм из набора уровней точности 10; 11 и 12.

Соотношение допуска T размера, заданного чертежом, к диапазону рассеяния R называют *коэффициентом точности технологического процесса*. В случае $T_n > 1$ тренажер фиксирует: «Технологический процесс удовлетворительный» или «Технологический процесс требует

внимательного наблюдения, но находится еще в пределах допустимого». Если R больше T ($T_n \leq 1$), тренажер фиксирует: «Технологический процесс неудовлетворительный. Необходимо немедленно выяснить причину появления

дефектных изделий и принять меры управляющего воздействия. Например, использовать более точный станок, более стойкий инструмент, стабилизировать температуру детали и помещения и т. д.».

Таблица 1

Результаты измерений деталей выборки

№ п/п	Интервал измерения, мм	Середина интервала d_{i0} , мм	Число точек n_i	$d_{i0} - \bar{d}$, мм	$ z_i = \frac{d_{i0} - \bar{d}}{S}$	$f(z_i)$	$n_i^* = N \frac{\Delta d}{S} f(z_i)$
1	12,850 ^{+0,010}	12,855	0	-0,075	3,54	0,0008	0
2	12,860 ^{+0,010}	12,865	0	-0,065	3,07	0,0036	0,2
3	12,870 ^{+0,010}	12,875	1	-0,055	2,59	0,0139	0,6
4	12,880 ^{+0,010}	12,885	3	-0,045	2,12	0,0422	1,9
5	12,890 ^{+0,010}	12,895	6	-0,035	1,65	0,1023	4,6
6	12,900 ^{+0,010}	12,905	4	-0,025	1,18	0,1989	9,0
7	12,910 ^{+0,010}	12,915	14	-0,015	0,71	0,3101	14,0
8	12,920 ^{+0,010}	12,925	19	-0,005	0,24	0,3876	17,6
9	12,930 ^{+0,010}	12,935	18	+0,005	0,24	0,3876	17,6
10	12,940 ^{+0,010}	12,945	15	+0,015	0,71	0,3101	14,0
11	12,950 ^{+0,010}	12,955	9	+0,025	1,18	0,1989	9,0
12	12,960 ^{+0,010}	12,965	4	+0,035	1,65	0,1023	4,6
13	12,970 ^{+0,010}	12,975	2	+0,045	2,12	0,0422	1,9
14	12,980 ^{+0,010}	12,985	1	+0,055	2,59	0,0139	0,6
15	12,990 ^{+0,010}	12,995	0	+0,065	3,07	0,0036	0,2
16	13,000 ^{+0,010}	13,005	0	+0,075	3,54	0,0008	0
Общее число измеренных деталей $N = 96$							
Среднее арифметическое $\bar{d} = 12,930$ мм							
Среднее квадратическое $S = 0,0215$ мм (21,5 мкм)							

Однако поле рассеяния может быть смещено относительно поля допуска детали. В этом случае необходима коррекция технологического процесса. Величина разности Δ между средним арифметическим \bar{d} , характеризующим положение центра группирования действительных измеренных отклонений, и средним значением размера $d_m = d + \epsilon c$ определяет необходимую коррекцию

технологического процесса: настройку положений режущего инструмента или замену размерного инструмента.

Отношение разности Δ к допуску размера T называют коэффициентом смещения. Коэффициент $E = \Delta / T$ показывает в относительных единицах, насколько фактическое среднее арифметическое \bar{d} не совпадает с заданным средним значением размера детали d_m .

Для идеально настроенного техпроцесса должно быть $T_n > 1$ и $E = 0$.

Тренажер дает возможность для заданного результата измерений выборочной партии деталей проанализировать,

как требования к точности влияют на величину брака. В таблице 2 приведены результаты расчета брака в предположении нормального закона распределения для трех квалитетов 10, 11 и 12.

Таблица 2

Влияние требований к точности на величину брака

Контролируемый размер	T , мкм	$R = 6S$, мкм	$T_n = T/R$	$E = \Delta/T$	Брак, %	
					до коррекции	после коррекции
13h10	70	129	1,845	-0,50	49,7	5,2
13h11	110	129	1,174	-0,13	3,1	0,5
13h12	180	129	0,760	0,09	0,060	0,004

Для нормального закона распределения вероятность брака рассчитывается по зависимости

$$P_{бр} = 1 - [\Phi(z_i) + \Phi(z_1)],$$

где $\Phi(z_i)$ — значение интегральной функции Лапласа; $z_i = x_i/S$ — относительная (нормированная) координата; x_1 и x_2 — координаты границ заданного поля допуска относительно центра группирования \bar{d} (см. рисунок).

Таким образом, разработанный для самостоятельной работы студентов тренажер способствует формированию компетенции по использованию методов обработки результатов измерений при статистическом измерительном контроле.

Литература

- ГОСТ Р 8.736-2011 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерения. Основные положения». Введ. 2013-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 20 с.

Летягин Валерий Афанасьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики (ТМ) МИЭТ. **E-mail: dtm@miee.ru**

Сахаров Евгений Алексеевич — старший преподаватель кафедры ТМ МИЭТ. **E-mail: dtm@miee.ru**

Статья поступила 28 марта 2017 г.