

Составители: Е.И. Яцун, О.С. Зубкова

УДК 621.(923)

Рецензент
Канд. техн. наук, доцент кафедры
«Машиностроительные технологии и оборудование»
М.С. Разумов

Статистический анализ точности механической обработки: методические указания по выполнению практической работы / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.И. Яцун, О.С. Зубкова. Курск, 2018. 13 с., ил. 1, табл. 4, Библиогр.: с. 13.

Изучаются статистические методы анализа точности механической обработки посредством больших выборок. Проверяется гипотеза о нормальном распределении размеров в партии деталей, делается оценка стабильности технологического процесса и точности настройки станка.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС по направлению подготовки дипломированных специалистов 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Работа предназначена для студентов очной, очно-заочной, заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Печать офсетная.
Усл. печ. л. . Уч. - изд. л. . Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель занятия

Познакомиться с методикой определения стабильности технологического процесса.

Работа предусматривает решение следующих задач:

- проверить гипотезу о нормальном распределении действительных размеров деталей в партии;
- определить показатель стабильности технологического процесса;
- определить показатель точности настройки станка;
- построить полигон и гистограмму распределения действительных размеров детали.

1. Статистический анализ точности механической обработки

Основными задачами статистического анализа являются:

- выявление вида устойчивости исследуемого процесса и факторов, влияющих на величину случайных и статистических погрешностей механической обработки;
- определение показателей точности технологических процессов.

Статистический анализ точности и стабильности технологического процесса дает возможность разработки мероприятий по точности изготовления детали в соответствии с техническими требованиями и определения границ статистического регулирования; допусков на настройку оборудования; времени на подналадку оборудования; зависимостей между погрешностями обработки на смежных операциях.

В соответствии с ГОСТ 16467-70 различают следующие методы статистического анализа.

Статистический анализ посредством мгновенной выборки из 5...20 деталей в последовательности их обработки на одном станке. Устанавливается влияние случайных факторов на качество изготовления деталей.

Статистический анализ посредством десяти и более мгновенных выборок, последовательно взятых на одном станке за межнастроечный период или за период работы новым инструментом до его замены. По выборке определяется отдельное

случайных и систематических факторов без учета погрешностей настройки.

Статистический анализ посредством больших выборок объемом 50...200 случайно отобранных деталей, обрабатываемых на одном или группе станков, выполняющих одну определенную операцию при нескольких настройках. В результате определяется совместное влияние случайных и систематических факторов с учетом погрешностей настройки и состояния оборудования.

Законом распределения случайной величины называется математическое описание связи между возможным значением случайной величины и соответствующими им вероятностями (частотами).

Закономерность рассеяния случайной ошибки математически описывается кривой распределения.

При анализе точности механической обработки используются следующие основные распределения:

Закон нормального распределения. Наиболее широко распространен и используется для анализа распределений погрешностей размеров, формы, шероховатости поверхности деталей, физико-механических свойств заготовок и др. Нормальному закону распределения подчиняются только непрерывные случайные величины, центры рассеяния которых не смещаются.

Закон равномерного распределения. Распределение непрерывной случайной величины X на интервале (a,b) , если в этом интервале случайная величина сохраняет постоянное значение плотности распределения, а вне его равна 0. Примером закона равномерного распределения может служить равномерно возрастающая погрешность, вызываемая износом режущего инструмента.

Закон распределения редких событий – закон Пуансона.

Закон распределения эксцентриситета – закон Релея. Применяется при анализе распределений, характеризующих отклонения эксцентриситета, отклонения формы, абсолютные значения жесткости технологической системы и др.

Закон распределения модуля разности – для случайных величин X_1 и X_2 , каждая из которых имеет нормальное распределение. Модуль разности $r = |X_1 - X_2|$ характеризуется определенным распределением. Используется при анализе

погрешностей несимметрии и непараллельности плоскостей и осей, формы (овальности, конусности и др.).

Проверка гипотезы о законе распределения случайной величины основана на сравнении эмпирического и теоретического распределений. Считается, что теоретическая кривая соответствует эмпирической если вероятности разности их ординат или иначе вероятность согласия более 5 %. В противном случае расхождение является существенным и следует принять другой закон распределения. Близость эмпирического распределения к теоретическому проверяется с помощью специальных критериев, называемых критериями согласия.

Критерий χ^2 Пирсона – наиболее часто употребляемый критерий. Он почти всегда обеспечивает объективность принятия или опровержения того или иного закона распределения. При $D_{\chi^2} = 0,05$.

Основные показатели точности и стабильности технологической операции следующие.

1. Показатели точности технологического процесса.

а) величина абсолютного отклонения:

$$\Delta = X_d - X_n, \quad (1.1)$$

где X_d - действительное значение параметра;

X_n - номинальное значение параметра.

б) коэффициент точности относительно номинального значения:

$$k_{т.н.} = \frac{\Delta}{X_n}, \quad (1.2)$$

в) коэффициент точности относительно поля допуска:

$$k_{т.тех.} = \frac{\sigma_{тех.}}{\Delta_n}, \quad (1.3)$$

где $\sigma_{тех.}$ - среднее квадратичное отклонение параметра технологического процесса;

Δ_n - поле допуска параметра.

г) коэффициент вариации:

$$k_v = \frac{\sigma_{тех.}}{\bar{X}}, \quad (1.4)$$

где \bar{X} - среднее значение параметра технологического процесса.

2. Показатели, характеризующие величину случайных и систематических погрешностей за межнастроечный период по мгновенным выборкам.

а) показатель уровня настройки в начальный период обработки:

$$k_n = \frac{X_{nc} - \bar{X}_1}{\delta}, \quad (4.5)$$

где X_{nc} - заданный центр настройки;
 \bar{X}_1 - среднее значение в 1-й выборке;
 δ - поле допуска,

б) среднее значение или центр рассеяния:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1.6)$$

если X_i - измерены в абсолютных значениях;

$$\bar{X} = X_0 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (1.7)$$

если X_i - измерены в отклонениях от заданного начала отсчета X_0 .

в) показатель смещения центра рассеяния, характеризующий относительную величину систематической погрешности:

$$k_y = \frac{\bar{X}_n - \bar{X}_1}{\delta} \quad (1.8)$$

где \bar{X}_n - среднее значение в последней перед новой настройкой мгновенной выборке;

г) показатель межнастроечной стабильности, характеризующий изменение рассеяния размеров за межнастроечный период

$$k_{m.c.} = \frac{S_n}{S_1}, \quad (4.9)$$

где S_n , S_1 - средние квадратичные отклонения соответственно в 1-ой и последней мгновенных выборках.

3. Показатели рассеяния и стабильности рассеяния в выборках.

а) показатель рассеяния, характеризующий степень соответствия поля рассеяния полю допуска:

$$k_p = \frac{\omega}{\delta}, \quad (1.10)$$

где $\omega=6S$ – для нормального распределения.

б) показатель стабильности рассеяния:

$$k_c = \frac{k_p(t_2)}{k_p(t_1)}, \quad (1.11)$$

где $k_p(t_1)$ - показатель рассеяния за период времени t_1 ;

$k_p(t_2)$ - показатель рассеяния за период времени t_2 .

2. Определение точности и стабильности механической обработки вала.

С целью определения точности и стабильности расточной обработки отверстия проведена выборка случайно отобранных деталей

Измерения проводились на контрольно измерительной машине с точностью 0,001 мм. Минимальный действительный размер - $\varnothing 97,003$, максимальный действительный размер - $\varnothing 97,024$ Результаты измерения представлены в таблице 4.1.

По данным x_i строится полигон эмперического распределения представленный на рис. 4.1.

В качестве гипотезы теоретического распределения частот исследуемого параметра принимаем закон нормального распределения.

Проверяем эту гипотезу. Процесс построения теоретического распределения называется выравниванием. Он заключается в определении теоретических частот:

$$m'_i = \frac{h \sum m_i}{S} \cdot \varphi(t), \quad (2.1)$$

где h – ширина интервала;

S – среднее квадратичное отклонение по эмпирическому распределению;

$\varphi(t)$ - плотность теоретического распределения;

$\sum m_i$ - объем выборки;

Таблица 2.1.

Результаты измерений			
Интервал отклонений, мкм	Δ , мкм	Середина интервала x_i , мкм	Частота появления m_i

3	6	4,5	2
6	9	7,5	5
9	12	10,5	8
12	15	13,5	12
15	18	16,5	15
18	21	19,5	6
21	24	22,5	2
			$\sum m_i = 50$

Среднее квадратичное отклонение можно определить по формуле:

$$S = h \cdot \sqrt{a_2 - a_1^2}, \quad (2.2)$$

где

$$a_1 = \frac{\sum m_i x'_i}{\sum m_i}, \quad (2.3)$$

$$a_2 = \frac{\sum m_i (x'_i)^2}{\sum m_i}, \quad (2.4)$$

$$x'_i = \frac{(x_i - x_0)}{h}, \quad (2.5)$$

где x_0 - новое начало отсчета, за которое обычно принимают середину интервала, имеющую наибольшую частоту.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2.

Результаты расчетов

x_i	m_i	x'_i	$m_i x'_i$	$m_i (x'_i)^2$	$t_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S}$	$\varphi(t_i)$	$\frac{h}{S} \varphi(t_i)$	$m'_i = \frac{h \sum m_i}{S} \varphi(t_i)$
4,5	2	-4	-8	32	-2,24	0,0325	0,0228	1,14
7,5	5	-3	-15	45	-1,54	0,1218	0,0856	4,28
10,5	8	-2	-16	32	-0,83	0,2826	0,1985	9,93
13,5	12	-1	-12	12	-0,13	0,3955	0,2778	13,89
16,5	15	0	0	0	0,58	0,3371	0,2368	11,84
19,5	6	1	6	6	1,28	0,1758	0,1235	6,18
22,5	2	2	4	8	1,9	0,0656	0,0461	2,31
Σ	50		-41	135				

$$a_1 = \frac{-41}{50} = -0,82$$

$$a_2 = \frac{135}{50} = 2,7$$

Среднее значение совокупности x_i определяем по формуле:

$$\bar{x} = x_0 + a_1 h \quad (2.3)$$

$$\bar{x} = 16,5 + (-0,82 \cdot 3) = 14,04 \text{ (мкм)}$$

$$S = 3 \cdot \sqrt{2,7 - (-0,82)^2} = 4,27 \text{ (мкм)}$$

Для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения по нормальному закону распределения используем критерий χ^2 Пирсона

Для эмпирического распределения рассчитываем значение критерия Пирсона по формуле:

$$\chi^2 = \sum \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i} \quad (2.4)$$

Результаты расчета значения критерия Пирсона представлены в таблице 4.3.

Таблица 2.3.

Результаты расчета значения критерия Пирсона для эмпирического распределения

x_i	m_i	m'_i	$(m_i - m'_i)^2$	$\frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}$
4,5	2	1,14	0,74	0,65
7,5	5	4,28	0,56	0,13
10,5	8	9,93	3,72	0,37
13,5	12	13,89	3,57	0,25
16,5	15	11,84	9,99	0,84
19,5	6	6,18	0,03	0,01
22,5	2	2,31	0,1	0,04
χ^2				2,29

Критическое значение критерия Пирсона согласно статистическим таблицам определяется в зависимости от числа степеней свободы k :

$$k = n - 1,$$

где n – число интервалов.

$$k = 7 - 1 = 6$$

Для критерия согласия 0,05

$$\chi_{\hat{\epsilon}\delta}^2 = 12,6$$

$$\chi^2 = 2,29 < \chi_{\hat{\epsilon}\delta}^2 = 12,6$$

Поэтому гипотеза о нормальном распределении справедлива. Оцениваем точность и стабильность технологической операции.

Определяем показатель рассеяния k_p по формуле 1.10:

$$k_p = \frac{6 \cdot 4,27}{35} = 0,732$$

Так как $k_p < 1$ точность технологического процесса достаточная.

Определяем показатель характеризующий точность настройки:

$$k_n = \frac{|\bar{x} - \Delta T|}{0,5\delta}, \quad (2.5)$$

где ΔT - середина поля допуска

$$k_n = \frac{|14,04 - 17,5|}{0,5 \cdot 30} = 0,198$$

Точность настройки считается нормальной при выполнении условия $k_n \leq 1 - k_p$

Так как $0,198 \leq 1 - 0,732 = 0,268$ можно сделать вывод о достаточной точности настройки.

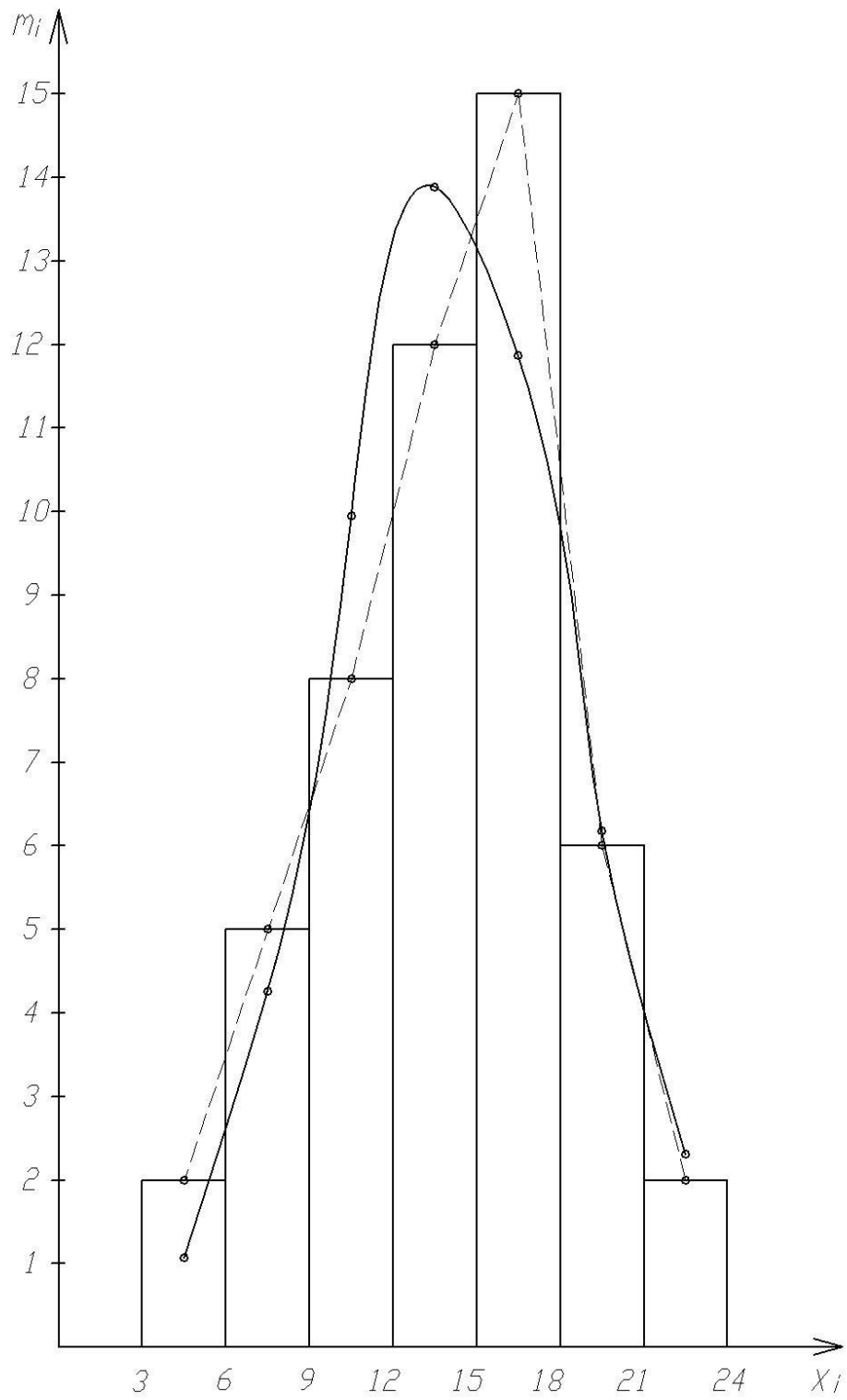


Рис. 2.1 Полигон и гистограмма эмпирического распределения

3. Задания к практической работе.

Определить точность и стабильности расточной обработки отверстия для выборки случайно отобранных деталей

Измерения проводились на контрольно измерительной машине с точностью 0,001 мм.

Таблица 3.1.

Задания к практической работе

№	$\sum m_i$	D	Частота повторения	$D_{\min} - D_{\max}$
1	50	20H7	2; 6; 9; 11; 15; 5;2	20,002 – 20,018
2	50	60H8	1; 5; 9; 16; 11; 6;2	60,004 – 60,04
3	50	80H9	1; 6; 8; 13; 15;6;1	80,01 – 80,06
4	50	100H7	2; 6; 8; 14; 16;6;2	100,005 – 100,028
5	80	20H7	2; 5; 9; 14; 12;6;2	20,003 – 20,16
6	80	60H8	2; 6; 9; 11; 15; 5;2	60,005-60,035
7	80	80H9	1; 5; 9; 16; 11; 6;2	80,006 – 80,055
8	80	100H7	1; 6; 8; 13; 15;6;1	100,004 – 100,03
9	100	20H7	2; 6; 8; 14; 16;6;2	20,001 – 20,16
10	100	60H8	2; 5; 9; 14; 12;6;2	60,004 – 60,036
11	100	80H9	2; 6; 8; 12; 15; 5;2	80,005 – 80,035
12	100	100H7	1; 5; 8; 16; 12; 6;2	100,006 – 100,03

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проников, А. С. Программный метод испытания металлорежущих станков [Текст] : учеб. для машиностроит. спец. вузов / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. - М. : Высшая школа, 1988. - 237 с.
2. Стариков, В.К. Технологические методы повышения надежности обработки на станках с ЧПУ [Текст] : учеб. для машиностроит. спец. вузов / Стариков В.К. - М.: Машиностроение, 1994. - 119 с.
3. Проников, А.С. Надежность машин [Текст] / Проников А.С. - М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.; ил.
4. Управление качеством в машиностроении [Текст] : учебное пособие / А. Ф. Гумеров [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Старый Оскол : ТНТ, 2010. - 168 с.