

Унянин Александр Николаевич, доктор техн. наук, профессор, Финагеев Павел Рамдисович, аспирант,

Ульяновский государственный технический университет, 432027, Российская Федерация, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32

E-mail: a_un@mail.ru

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация: В промышленности широко применяются новые конструкционные материалы, закономерности в зоне обработки которых недостаточно изучены, что затрудняет выбор рационального режима обработки. Рациональным методом является расчет режима с использованием моделей (зависимостей), связывающих выходные и входные параметры процесса. Однако неадекватность моделей, неоднозначность исходных данных и влияние неуправляемых факторов являются причиной того, что рассчитанный с их использованием режим далек от оптимального. Цель исследования – разработка методики статистической обработки фактических значений выходных параметров и текущих показателей процесса механической обработки, изменяющихся с увеличением времени наработки инструмента. При назначении режима механической обработки технологических процессов с изменяющимися во времени параметрами в условиях неопределенности технологической информации выполняется коррекция моделей по результатам сравнения расчетных и фактических значений выходных параметров процесса. Для выполнения коррекции разработана методика статистической обработки фактических значений выходных параметров и текущих показателей процесса механической обработки, изменяющихся с увеличением времени наработки инструмента. Методика основана на разделении величины (поля) рассеивания параметров на систематическую и случайную составляющие. Для выделения этих составляющих параметров использован дисперсионный метод. Методика позволяет выявить функции, характеризующие изменение во времени детерминированной основы процесса и границ мгновенных полей рассеивания параметров, а также период стойкости инструмента или время подналадки станка. Для подбора функций предлагается использовать метод средних квадратов. Приведен пример использования полученной методики для статистического анализа процесса точения.

Ключевые слова: статистический анализ, параметр, механическая обработка, режим, резание.

Информация о статье: принята 08 декабря 2019 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-48-54

Назначение рационального режима процесса механической обработки является актуальной задачей, от решения которой зависит производительность обработки, качество и стоимость деталей. Режим определяют по формулам теории резания или назначают по нормативам и каталогам режущего инструмента [1]. Однако многие нормативы не соответствуют требованиям современных технологий, а в каталогах режимы указаны в широких диапазонах, что затрудняет выбор их оптимальных значений.

Для повышения эффективности процесса обработки используют адаптивное управление, ориентируясь на данные выходных параметров и текущих показателей процесса обработки [2]. Адаптивные системы используют ограниченное количество параметров процесса, по результатам контроля которых вырабатывается управляющее воздействие. Кроме того, данные системы эффективно функционируют лишь в том случае, когда при номинальных значениях контролируемых показателей и управляющих воздействий режим обработки является оптимальным.

В последнее время широко развиваются автоматизированные системы управления с элементами искусственного интеллекта, реализующие переход от сложных математических расчетов к использованию логических выводов на основе теории нечеткой логики [3]. Для диагностики технологических процессов широко используют теорию нейронных сетей [4]. Эта теория используется, в частности, для прогнозирования параметров качества обработанных деталей в процессе точения [5]. Разрабатываются системы диагностики процесса резания на основе динамических моделей, построенных на основе нейронных сетей [6]. С помощью нейронных сетей осуществлено прогнозирование шероховатости в процессе точения стальных заготовок в условиях минимального применения СОТС [7], разработана модель для прогнозирования шероховатости при чистовом точении закаленных сталей [8]. Однако системы с элементами искусственного интеллекта целесообразно применять, когда нельзя использовать методы и способы традиционной теории управления [9].

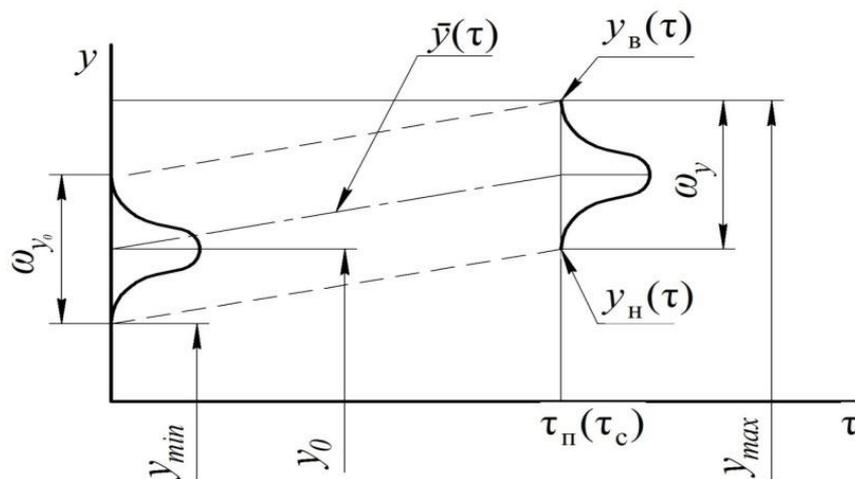


Рис. 1. График для определения времени подналадки или периода стойкости инструмента
Fig. 1. Chart to determine the adjustment time or cutting tool life

На процесс механической обработки накладываются ряд ограничений, обусловленных технологией, физикой и механикой процесса. Ограничения получают, используя математические зависимости (модели) процесса [10].

Рациональным методом назначения режима является его расчет с использованием моделей (зависимостей), связывающих выходные и входные параметры процесса. Однако неадекватность моделей, неоднозначность исходных данных и влияние неуправляемых факторов являются причиной того, что рассчитанный с их использованием режим может быть далек от оптимального. Поэтому актуально решение проблемы устранения влияния неопределенности технологической информации на процесс назначения режима механической обработки.

Методика коррекции элементов режима обработки и математических моделей, связывающих выходные и входные параметры процесса обработки, приведена в работе [11]. Разработан план варьирования управляемыми факторами технологического процесса, при реализации которого управляемые факторы приближаются к оптимальному уровню. В качестве исходной информации для коррекции моделей использована разность фактических и расчетных значений выходных параметров процесса, которую получают в ходе его мониторинга. На основе моделей и алгоритмов разработано программное обеспечение и исследована эффективность разработанной методики при назначении и коррекции режима точения [11]. Однако данная методика не учитывает изменение текущих и выходных параметров во времени.

Для возможности сопоставления изменяющихся во времени расчетных и экспериментальных данных необходима методика, ориентированная на представление процессов обработки как динамических систем с изменяющимися во времени выходными параметрами и текущими показателями.

Важным фактором является установление времени (момента) подналадки и продолжительности обработки заготовок между подналадками, а также периода стойкости инструмента. При выявлении момента подналадки следует использовать методику

прогнозирования процессов, которая заключается в наблюдении и оценке параметров процесса на так называемом «участке наблюдения» и вычислении значений параметров в упреждающий момент времени. Основные способы и методы прогнозирования, пригодные для решения инженерных задач, приведены в [12]. Прогнозирование актуально использовать, когда при назначении режима корректируются математические модели, связывающие выходные и входные параметры процесса обработки с изменяющимися во времени параметрами. Это дает возможность определить период стойкости инструмента, время подналадки и погрешность (рассеивание) параметров по результатам, полученным за ограниченное время наработки инструмента.

Одним из методов статистического анализа параметров технологического процесса является разделение величины (поля) их рассеивания на систематическую и случайную составляющие [13]. Это создает предпосылки для определения фактического периода стойкости инструмента τ_c до выхода за предельное значение одного из параметров (износа инструмента, погрешности размера, параметров шероховатости и др.) и времени подналадки технологической системы τ_n до выхода размера за пределы поля допуска T .

При выполнении статистического анализа используется понятие мгновенного поля рассеивания параметров, которые оценивают по малым выборкам, полученным за относительно короткие интервалы времени Δt [14]. Полагают, что переменные систематические погрешности на этих интервалах изменяются незначительно и этим изменением можно пренебречь.

Для определения фактического времени подналадки и периода стойкости режущего инструмента необходимо знать функции смещения среднего арифметического значения $\bar{y}(\tau)$ и границы полей мгновенного рассеивания ω_y параметров во времени (рис. 1). Верхнюю $y_B(\tau)$ и нижнюю $y_H(\tau)$ границы мгновенных полей рассеивания параметров можно определить как:

$$y_B(\tau) = \bar{y}(\tau) + \omega_y(\tau)/2; y_H(\tau) = \bar{y}(\tau) - \omega_y(\tau)/2.$$

Время подналадки (период стойкости) равно меньшему из значений τ_b и τ_n :

$$\tau_n(\tau_c) = \min(\tau_b; \tau_n),$$

где величины τ_b и τ_n определяют из уравнений:

где y_{max} и y_{min} – наибольшее и наименьшее предельное значение выходного параметра.

Чтобы выявить вид функций $\bar{y}(\tau)$, $y_b(\tau)$ и $y_n(\tau)$, следует обработать соответствующим образом результаты экспериментальных исследований. Предварительно следует определить величины мгновенных полей рассеивания выходных параметров и их средние значения в различные моменты времени, а затем, используя теорию корреляционно-регрессионного анализа, подобрать математические модели для расчета $\bar{y}(\tau)$, $y_b(\tau)$ и $y_n(\tau)$.

Ниже приведена последовательность статистического анализа параметров технологического процесса [15].

- Проверяется гипотеза о нормальном распределении поля мгновенного рассеивания параметра с использованием критерия Пирсона или w_i – критерия [16]:

$$\omega_{\text{и}} = \frac{\left[\sum_{i=1}^q a_{n-i+1} (y_{u, (n-i+1)} - y_{ui}) \right]^2}{\left(\sum_{i=1}^n y_{ui} \right)^2 - \frac{\sum_{i=1}^n y_{ui}^2}{n}}, \quad (1)$$

где n – число параллельных опытов; a_{n-i+1} – коэффициент, значение которого для $n = 3 \dots 36$ и $i = 1, 2, \dots, q$ приведено в [16]; $q = n/2$ – при нечетном числе параллельных опытов; $q = (n-1)/2$ – при четном числе параллельных опытов; $y_{u, (n-i+1)}$, y_{ui} – величины из ранжированной выборки значений параметра оптимизации ($y_{u1} \leq y_{u2} \leq y_{un}$).

- Определяется среднее значение параметра \bar{y}_i и дисперсия σ_i^2 на i -м интервале работы инструмента:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^S y_j}{S}; \sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^S (y_j - \bar{y}_i)^2}{S-1} \quad (2)$$

где S – количество значений параметра, зафиксированных на i -ом интервале работы инструмента; j – порядковый номер параметра.

- Определяется среднее значение \bar{y} всей совокупности параметров y_j и дисперсия суммарного поля рассеивания параметра $\sigma^2(y)$:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j}{m}; \sigma^2(y) = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}{m-1}, \quad (3)$$

где m – число значений параметра, зафиксированных за рассматриваемый период работы инструмента.

- Рассчитывается дисперсия $\sigma^2(\bar{y}(\tau))$, вызванная изменением функции среднего значения параметра $\bar{y}(\tau)$:

$$\sigma^2(\bar{y}(\tau)) = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (4)$$

где n – число интервалов времени $\Delta\tau$, которое определяется:

$$n = \frac{\tau_{\Sigma}}{\Delta\tau},$$

где τ_{Σ} – рассматриваемый период времени работы инструмента.

- Определяется среднее значение $\bar{\sigma}_y(\tau)$ средних квадратических отклонений σ_i и дисперсия $\sigma^2(\sigma_y(\tau))$, вызванная изменением во времени функции среднего квадратического отклонения:

$$\bar{\sigma}_y(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i}{n}; \sigma^2(\sigma_y(\tau)) = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma}_y(\tau))^2}{n-1}. \quad (5)$$

- Дисперсия, вызванная постоянной составляющей функции $\sigma_y(\tau)$, принимается равной минимальной из дисперсий σ_i , рассчитанных для различных интервалов времени работы инструмента:

$$M^2(\sigma_y(\tau)) = \min\{\sigma_i\}. \quad (6)$$

- Определяется дисперсия суммарной погрешности параметра как сумма ранее определенных дисперсий [13]:

$$\sigma^2(y) = \sigma^2(\bar{y}(\tau)) + \sigma^2(\sigma_y(\tau)) + M^2(\sigma_y(\tau)).$$

(7)

- Рассчитываются параметры r^2 , r_{σ}^2 , r_m^2 [13], по результатам расчета которых судят о степени детерминированности изучаемого процесса:

$$r_m^2 = \frac{\sigma^2(\bar{y}(\tau))}{\sigma^2(y)}; r_{\sigma}^2 = \frac{\sigma^2(\sigma_y(\tau))}{\sigma^2(y)}; r^2 = \frac{M^2(\sigma_y(\tau))}{\sigma^2(y)}. \quad (8)$$

- Подбираются эмпирические зависимости, описывающие изменение средних значений параметров \bar{y}_i , верхней и нижней границ мгновенного поля рассеивания $y_b(\tau)$ и $y_n(\tau)$ во времени. При подборе эмпирических формул можно использовать полиномы типа:

$$\bar{y}(\tau) = A_0 + \dots + A_i \cdot \tau + \dots + A_s \cdot \tau^s, \quad (9)$$

где A_0, A_i, A_s – коэффициенты; τ – время.

В большинстве случаев можно ограничиться полиномом второй степени:

$$\bar{y}(\tau) = A_0 + A_1 \cdot \tau + A_2 \cdot \tau^2.$$

- Если установлено, что рассеивание параметра подчиняется закону нормального распределения, то мгновенное поле рассеивания на i -ом интервале:

$$\omega_i = 6\sigma_i.$$

- Рассчитываются координаты верхней и нижней границ мгновенных полей рассеивания для различных интервалов времени по формулам:

$$y_{ei} = \bar{y}_i + \omega_i/2; y_{ni} = \bar{y}_i - \omega_i/2. \quad (10)$$

Подбираются эмпирические зависимости, описывающие изменения параметров y_{vi} и y_{ni} во времени;

- Определяется время подналадки или (и) период стойкости инструмента.

Рассмотрим пример реализации методики статистического анализа процесса механической обработки на примере точения. На токарном станке обрабатывали наружные цилиндрические шейки партии заготовок. Время обработки разбили на интервалы $\Delta\tau = 10$ мин. В течение каждого интервала обрабатывали 7 заготовок (табл. 1).

Таблица 1. Результаты измерения диаметральных размеров цилиндрических шеек
Table 1. Results of measurement of diametrical dimensions of cylindrical shaft steps

Номер детали	Интервал времени работы инструмента, мин				
	От 0 до 10 мин	св. 10 мин до 20 мин	св. 20 мин до 30 мин	св. 30 мин до 40 мин	св. 40 мин до 50 мин
1	24,48	24,54	24,55	24,66	24,71
2	24,52	24,50	24,61	24,67	24,71
3	24,51	24,55	24,60	24,60	24,70
4	24,53	24,55	24,60	24,66	24,60
5	24,52	24,54	24,62	24,75	24,78
6	24,52	24,59	24,61	24,66	24,70
7	24,56	24,55	24,66	24,67	24,73

Следует выполнить статистическую обработку полученных результатов и рассчитать время подналадки станка при условии, что координата середины поля допуска диаметра шейки $\Delta_{0y} = 24,62$ мм, допуск $T = 0,5$ мм.

Проверяется гипотеза о нормальном распределении мгновенного рассеивания размеров. Значение критерия ω_{II} для размеров, обработанных на интервале времени $0 \dots 10$ мин, рассчитанное по зависимостям (1), равно $\omega_{II} = 0,91$.

Так как $\omega_{II} > W_{табл} = 0,762$ (для вероятности $\alpha = 5\%$) [16], то принимаем гипотезу о нормальном распределении всей совокупности размеров деталей.

Определяется среднее значение диаметра обработанной шейки \bar{y} и дисперсия σ^2 на каждом интервале времени работы инструмента по зависимостям (2):

$$\begin{aligned} \bar{y}(10) &= 24,52 \text{ мм}; \sigma^2(10) = 0,00056 \text{ мм}^2; \\ \bar{y}(20) &= 24,55 \text{ мм}; \sigma^2(20) = 0,00072 \text{ мм}^2; \\ \bar{y}(30) &= 24,60 \text{ мм}; \sigma^2(30) = 0,00091 \text{ мм}^2; \\ \bar{y}(40) &= 24,67 \text{ мм}; \sigma^2(40) = 0,00193 \text{ мм}^2; \\ \bar{y}(50) &= 24,70 \text{ мм}; \sigma^2(50) = 0,00292 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Определяется среднее значение всей совокупности параметров \bar{y} и дисперсия суммарного поля рассеивания параметра $\sigma^2(y)$ по зависимостям (3):
 $\bar{y} = 24,61$ мм; $\sigma^2(y) = 0,00624 \text{ мм}^2$.

По формуле (4) рассчитывается дисперсия $\sigma^2(\bar{y}(\tau))$, вызванная изменением функции среднего значения параметра $\bar{y}(\tau)$: $\sigma^2(\bar{y}(\tau)) = 0,00624 \text{ мм}^2$.

По зависимостям (5) определяется среднее значение $\bar{\sigma}_y(\tau)$ среднего квадратического отклонения σ_i и дисперсия $\sigma^2(\sigma_y(\tau))$, вызванная изменением во времени функции среднего квадратического отклонения: $\bar{\sigma}_y(\tau) = 0,03572 \text{ мм}$;

$$\sigma^2(\sigma_y(\tau)) = 0,000164 \text{ мм}^2.$$

Дисперсия, вызванная постоянной составляющей функции $\sigma_y(\tau)$, принимается равной минимальной из дисперсий σ_i , зафиксированной на первом интервале времени работы инструмента: $M^2(\sigma_y(\tau)) = 0,00056 \text{ мм}^2$.

По формуле (7) определяется дисперсия суммарной погрешности параметра:

$$\begin{aligned} \sigma^2(y) &= 0,00624 + 0,000164 + 0,00056 \\ &= 0,006964 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Рассчитываются показатели r^2 , r_{σ}^2 , r_m^2 по зависимостям (8):

$$\begin{aligned} r_m^2 &= \frac{0,00624}{0,006964} = 0,896; \\ r_{\sigma}^2 &= \frac{0,000164}{0,006964} = 0,024; \\ r^2 &= \frac{0,00056}{0,006964} = 0,080. \end{aligned}$$

Значение показателя r_m^2 близко к единице, что свидетельствует о преобладающем влиянии на рассеивание размеров систематических факторов и высокой степени детерминированности процесса. Поскольку показатель r_{σ}^2 имеет малую величину, можно сделать вывод, что влияние на рассеивание размеров случайных факторов, параметры которых изменяются во времени, незначительно. Большее влияние оказывают случайные факторы, параметры рассеивания которых не изменяются во времени, о чем свидетельствует показатель r^2 .

Чтобы подобрать эмпирические зависимости, описывающие изменение средних значений параметров $\bar{y}(\tau)$, верхней $y_v(\tau)$ и нижней $y_n(\tau)$ границ мгновенного поля рассеивания во времени, можно использовать, например, метод средних квадратов [14]. Экспериментальные точки, необходимые для определения функции $\bar{y}(\tau)$, соответствуют значениям параметра \bar{y} , определенного для различных моментов времени: 24,52; 24,55; 24,60; 24,67; 24,70 мм.

Используем полином второй степени, описываемый уравнением (9). Определив коэффициенты A_0 , A_1 и A_2 , получим уравнение:

$$\bar{y}(\tau) = 24,37 + 0,01225 \cdot \tau - 0,00014 \cdot \tau^2.$$

Проводится проверка полученной зависимости на адекватность с использованием критерия Фишера.

Гипотеза об адекватности модели принимается, т.к. расчетное значение критерия $F = 2,324$ меньше теоретического (табличного) значения $F_{табл} = 19$.

Определяется половина мгновенного поля рассеивания на каждом интервале по зависимости: $\omega_i/2 = 3\sigma_i$ и рассчитываются координаты верхней и нижней границ мгновенных полей рассеивания для различных интервалов времени по формуле (10):

$$\begin{aligned} Y_{в10} &= 24,52 + 0,0711 = 24,59 \text{ мм}; \\ Y_{н10} &= 24,52 - 0,0711 = 24,45 \text{ мм}; \\ Y_{в20} &= 24,55 + 0,0804 = 24,63 \text{ мм}; \\ Y_{н20} &= 24,55 - 0,0804 = 24,47 \text{ мм}; \\ Y_{в30} &= 24,60 + 0,0906 = 24,69 \text{ мм}; \\ Y_{в30} &= 24,60 - 0,0906 = 24,51 \text{ мм}; \end{aligned}$$

$$y_{B40} = 24,67 + 0,1317 = 24,80 \text{ мм};$$

$$y_{B40} = 24,67 - 0,1317 = 24,54 \text{ мм};$$

$$y_{B50} = 24,70 + 0,1620 = 24,86 \text{ мм};$$

$$y_{B50} = 24,70 - 0,1620 = 24,54 \text{ мм}.$$

Используем полином второй степени, описываемый уравнением (9). Определив коэффициенты A_0 , A_1 и A_2 , получим уравнение:

$$y_g(\tau) = 24,52 + 0,005400 \cdot \tau + 0,000027\tau^2.$$

Адекватность этой зависимости также подтверждена с помощью критерия Фишера.

Наибольшее предельное значение выходного параметра:

$$y_{max} = \Delta_{0y} + T/2; y_{max} = 24,62 + 0,25 = 24,87 \text{ мм}.$$

В данном случае время подналадки $\tau_{п} = \tau_{в}$. Время $\tau_{в}$ может быть определено из зависимости:

$$24,87 = 24,52 + 0,005400 \cdot \tau_g + 0,000027\tau_g^2;$$

$$\tau_g = 51,5 \text{ мин}.$$

Как видно из результатов расчета, среднее значение размера детали на каждом последующем интервале увеличивается. Следовательно, из систематических погрешностей преобладающее влияние оказывает износ режущего инструмента. В целях уменьшения вероятности появления брака и увеличения времени подналадки необходимо разработать мероприятия, направленные на снижение интенсивности износа режущего инструмента.

Представлена методика статистического анализа процесса механической обработки с изменяющимися во времени выходными параметрами и текущими показателями. Методика позволяет выявить функции, характеризующие изменение во времени детерминированной основы процесса и границ мгновенных полей рассеивания параметров, а также определить период стойкости инструмента или время подналадки станка. Приведен пример использования полученной методики для статистического анализа процесса точения.

Методика может быть использована при назначении режима механической обработки технологических процессов в условиях неопределенности технологической информации с изменяющимися во времени параметрами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения. – СПб.: Лань, 2008. – 512 с.
2. Григорьев, С.Н. Обеспечение заданного качества деталей при высокоскоростной обработке / С.Н. Григорьев, В.И. Завгородний, А.Р. Маслов // Вестник МГТУ Станкин. – 2010. – № 1. – С. 38-40.
3. Емельянов, С.Г. Автоматизированные нечетко-логические системы управления / С.Г. Емельянов, В.С. Титов, М.В. Бобырь. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 176 с.
4. Залогова, В.А. Диагностика процессов механической обработки с применением искусственных

нейронных сетей: состояние вопроса / В.А. Залогова, А.В. Гонщик, Р.Н. Зинченко // Вісник Сумського державного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – № 2. – С. 128-137.

5. Медведев, В.В. Особенности диагностики качества механообработки с применением интеллектуальных систем // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2008. – № 3Е. – С. 131-135.

6. Кабалдин, Ю.Г. Построение перспективных систем управления металлорежущими станками на основе самоорганизации и принципов искусственного интеллекта / Ю.Г. Кабалдин, С.В. Биленко, А.М. Шпилев // Вестник машиностроения. – 2002. – № 6. – С. 59-65.

7. Ozel, T. Predictive modeling of surface roughness and wear in hard turning using regression and neural networks / T. Ozel, Y. Karpat // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2005. – Vol. 45. – № 4 – 5. – P. 467-479.

8. Tsao, C. C. Tool wear and surface roughness prediction using an artificial neural network (ANN) in turning steel under minimum quantity lubrication (MQL) / C. C. Tsao, H. Hochen // Engineering and Technology. – 2010. – №62. – P. 830-839.

9. Алиев Р.А. Производственные системы с искусственным интеллектом. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с.

10. Ивченко, Т.Г. Оптимизация режимов резания при чистовом и тонком точении методом геометрического программирования // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2010. – Вып. 39. – С. 91 – 97.

11. Унянин, А.Н. Разработка и апробация методики назначения режима механической обработки в условиях неопределенности технологической информации / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19. – № 1 – 2. – С. 297-301.

12. Чуев, Ю.В. Прогнозирование количественных характеристик процессов / Ю.В. Чуев, Ю.Б. Михайлов, В.И. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 1975. – 400 с.

13. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.]; под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.

14. Бендат, Д. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. / Д. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

15. Унянин, А.Н. Статистический анализ процесса механической обработки с изменяющимися во времени параметрами / А.Н. Унянин, П.Р. Финагеев // Высокие технологии в машиностроении: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – С. 33-35.

16. Душинский, В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация технологических процессов в машиностроении / В.В. Душинский, Е.С. Пуховский, С.Г. Радченко. – Киев: Техника, 1977. – 176 с.

STATISTICAL ANALYSIS PARAMETERS OF THE MACHINING PROCESS

Abstract: *In the industry, new construction materials are widely used, the regularities in the processing zone of which are insufficiently studied, which makes it difficult to choose a rational processing mode. The rational method is to calculate the mode using models (dependencies) that link the output and input parameters of the process. However, the inadequacy of the models, the ambiguity of the initial data and the influence of uncontrollable factors are the reason that the mode calculated with their use is far from optimal. The aim of the study is to develop a methodology for statistical processing of the actual values of the output parameters and current indicators of the machining process, which change with increasing tool life. In appointing the mode of machining technological processes with time-varying parameters under uncertainty of technological information used to correct the models by comparing the calculated and actual values of the output parameters of the process. To perform the correction, a method of statistical processing of the actual values of the output parameters and the current parameters of the machining process, which change with the increase in the operating time of the instrument, is developed. The method is based on the separation of the magnitude (field) of parameters dispersion into systematic and random components. The dispersion method was used to isolate these constituent parameters. The technique allows to reveal the function describing the time variation of the deterministic basis of the process and limits the instantaneous field of dispersion parameters and the tool life or the time tuning the machine. For the selection of functions it is proposed to use the method of average squares. An example of using the obtained technique for statistical analysis of the turning process is given.*

Keywords: *statistical analysis, parameter, machining, mode, cutting.*

Article info: *received December 08, 2019*

DOI: *10.26730/1816-4528-2019-6-48-54*

REFERENCES

1. Matalin, A. A. Technology of mechanical engineering: textbook. – SPb.: Lan, 2008. – 512 p. (rus)
2. Grigoriev, S. N. Ensuring the specified quality of parts in high-speed processing / S.N. Grigoriev, V.I. Zavgorodny, A.R. Maslov // Vestnik MSTU Stankin, 2010. – No. 1. – pp. 38-40. (rus)
3. Emelyanov, S.G. Automated fuzzy logic control systems /S.G. Emelyanov, V.S. Titov, M.V. Bobyr. – M.: INFRA-M, 2011. – 176 p. (rus)
4. Zaloga, V.A. Diagnostics of machining processes using artificial neural networks: the state of the question / V.A. Zaloga, A.V. Gonschik, G. N. Zinchenko // Bulletin of Sumy NAU. Series: Technical Sciences. – 2012. – No. 2. – pp. 128 – 137. (ukr)
5. Medvedev, V.V. Features of diagnostics of quality of machining with application of intellectual systems // Herald of the Donbass State Engineering Academy. – 2008. – No. 3E. –pp. 131-135. (ukr)
6. Kabaldin, Yu. The construction of advanced systems control machine tools based on self-organization and principles of artificial intelligence / U.G. Kabaldin, S.V. Bilenko, A.M. Shpilev // Vestnik of mechanical engineering. – 2002. – No. 6. – pp. 59-65. (rus)
7. Ozel, T. Predictive modeling of surface roughness and wear in hard turning using regression and neural networks / T. Ozel, Y. Karpat // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2005. – Vol. 45, № 4 – 5. – pp. 467- 479.
8. Tsao, C.C. Tool wear and surface roughness prediction using an artificial neural network (ANN) in turning steel under minimum quantity lubrication (MQL) / C.C. Tsao, H. Hochen // Engineering and Technology. – 2010. – №62. – pp. 830-839.
9. Aliyev, R. A. Production systems with artificial intelligence. – Moscow: Radio and communications, 1990. – 264 p. (rus)
10. Ivchenko, T. G. Optimization of cutting modes at finishing and thin turning by the method of geometrical programming // Progressive technologies and systems of mechanical engineering. – Donetsk: DonNTU. – 2010. – Vol. 39. – pp. 91-97. (ukr)
11. Unyanin, A.N. Development and testing of methodology for assigning mode of mechanical treatment in the conditions of uncertainty of technological information /A.N. Unyanin, P.R. Finageev // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 19. – No. 1 – 2. – pp. 297-301. (rus)
12. Chuev, Yu.V. Prediction of quantitative characteristics of processes / Yu.V. Chuev, Yu.B. Mikhailov, V.I. Kuzmin . – M.: Sov. radio, 1975. – 400 p. (rus)
13. Handbook of the technologist-machine-Builder: in 2 vols. 1 / A.M. Dalsky [et al.]; edited by A.M. Dalsky, A.G. Kosilova, R. K.Meshcheryakov, A.G.

Suslov. – 5th ed., reworked and additional. – M.: Mashinostroenie-1, 2001. – 912 p. (rus)

14. Bendat, D. Applied analysis of random data: TRANS. / D. Bendat, A. Pearsol. – Moscow: Mir, 1989. – 540 p. (rus)

15. Unyanin, A.N. Statistical analysis of the machining process with time-varying parameters / A.N. Unyanin, P.R. Finageev // High technologies in mechanical

engineering: proceedings of the XVII all-Russian scientific and technical conference. – Samara: Samar. state tech. UNT. – 2018. – pp. 33-35. (rus)

16. Dushinsky, V.V. Optimization of technological processes in mechanical engineering / V.V. Dushinsky, E.S. Pukhovsky, S.G. Radchenko. – Kiev: Tekhnika, 1977. – 176 p. (rus)

Библиографическое описание статьи

Унянин А.Н., Финагеев П.Р. Статистический анализ параметров процесса механической обработки // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 6 (146). – С. 48-54.

Reference to article

Unyanin A.N., Finageev P.R. Statistical analysis parameters of the machining process. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 6 (146), pp. 48-54.