

*В.В. КАЛЬЧЕНКО, А.М. ЕРОШЕНКО*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ СО СКРЕЩИВАЮЩИМИСЯ ОСЯМИ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ С КРУГОВЫМ ПРОФИЛЕМ**

Розглянуто питання визначення ефективності шліфування з перехресними осями інструмента і деталей із профілем у вигляді дуги окружності.

Системное представление процесса механической обработки деталей машин в целом, и отдельных операций в частности невозможно без анализа взаимодействия пяти видов связей: размерных, свойств материалов, информационных, временных и экономических [1]. Таким образом, эффективность шлифования со скрещивающимися осями инструмента и деталей с профилем в виде дуги окружности необходимо рассматривать в системе пяти видов связей.

Существование и взаимодействие пяти видов связей процесса шлифования предопределяют его целостность как системы. Для сохранения единства системы, при оптимизации процесса должен осуществляться комплексный подход на нормативной основе. Создание комплексной модели процесса шлифования невозможно без глубокого анализа всех связей. Этап декомпозиции системы связей процесса проходил параллельно с разработкой анализов отдельных видов связей. Разработано широкую нормативную базу для размерного анализа и анализа свойств материалов. В последнее время активно изучаются и моделируются информационная и экономическая связи. Анализ информационных связей стал возможным в связи с бурным развитием информационных технологий, а переход экономики к рыночным отношениям нуждается в создании нового экономического анализа. Этим же обусловленная необходимость создания нормативного обеспечения принципиально нового анализа временных связей [2].

Любой процесс имеет продолжительность во времени настройки и выполнения. Система временных связей имеет стохастический характер, что требует использования в их анализе вероятностных и статистических методов.

Стохастический характер хода процесса обработки становится основной предпосылкой при создании нормативной базы анализа временных связей. Вероятностный расчет позволяет директивно регламентировать временные связи, делает производственный процесс более стабильным и приводит к уменьшению времени простоя оборудования и пролеживания деталей. Оптимизация временных связей не устраняет организационные срывы процесса шлифования, но дает возможность проследить их причины и учесть

вероятность их появления. Оценив возможность появления разнообразных сбоев в ходе процесса и определив степень их влияния на колебание машинного времени, временной анализ дает возможность назначить допуски на нормы времени.

Таким образом, целью работы является разработка схемы определения эффективности абразивной обработки и анализ временных связей процесса шлифования.

При исследовании особенностей временных связей была выдвинута гипотеза о распределении временных связей процесса шлифования в соответствии с законом Гаусса, поскольку, анализ факторов, влияющих на распределение норм времени, показал, что на временные отрезки влияет большое количество независимых факторов [3]. Дальнейшие исследования [4] подтвердили правильность этой гипотезы.

Анализ временных связей позволил разработать методику временного анализа, которая основывается на методологии и математическом аппарате нормализованного размерного анализа. Для этого были изучены особенности звеньев временных цепей и предложена методика составления из схем [5]. Эффективное использование методики расчета временных цепей процесса шлифования дало возможность, в дальнейшем развитии временного, анализа разработать методику оптимизации временных связей процесса, которая регламентирует порядок расчета временных цепей [6].

Методика временного анализа носит общий характер и может быть использована для оптимизации временных связей процесса шлифования, поскольку одной из целей управления процессом шлифования является машинное время (рис.1). Разработанная схема определения эффективности шлифования со скрещивающимися осями инструмента и детали с круговым профилем, в качестве входных управляющих факторов рассматривает частоту вращения круга  $n_u$  и детали  $n_o$ , поперечную подачу круга  $S_n(\theta_b)$ , и согласованный с ней угол наклона инструмента  $\psi_u$ . Главным возмущением является припуск заготовки  $Z_s$ , ее радиус ее профиля  $\rho_s$  и ее материал  $M_s$ . Выходными параметрами процесса являются геометрические параметры поверхности детали (радиус профиля  $\rho_d$ ), а также ее шероховатость  $R_a$  и глубина дефектного слоя  $h_{def}$ , а функцией цели – производительность.

Для определения объемов экспериментальных выборок при исследовании временных связей абразивной обработки использовался алгебраический метод, который разрешает заменить среднее арифметическое значение времени выполнения работы  $\overline{T_0}$  и среднее квадратичное отклонение  $\sigma_0$  значениями, которые получены в результате исследования предыдущей выборки малого объема. Объемы выборок рассчитывались за формулой [7]

$$n = \frac{t^2 \sigma_e^2 N}{\varepsilon^2 (N - 1) + t^2 \sigma_e^2}, \quad (1)$$

где:  $t$  — аргумент функции Лапласа;  $\sigma_e$  — среднее квадратичное отклонение;  $N$  — объем генеральной совокупности, шт;  $\varepsilon$  — точность исследования.

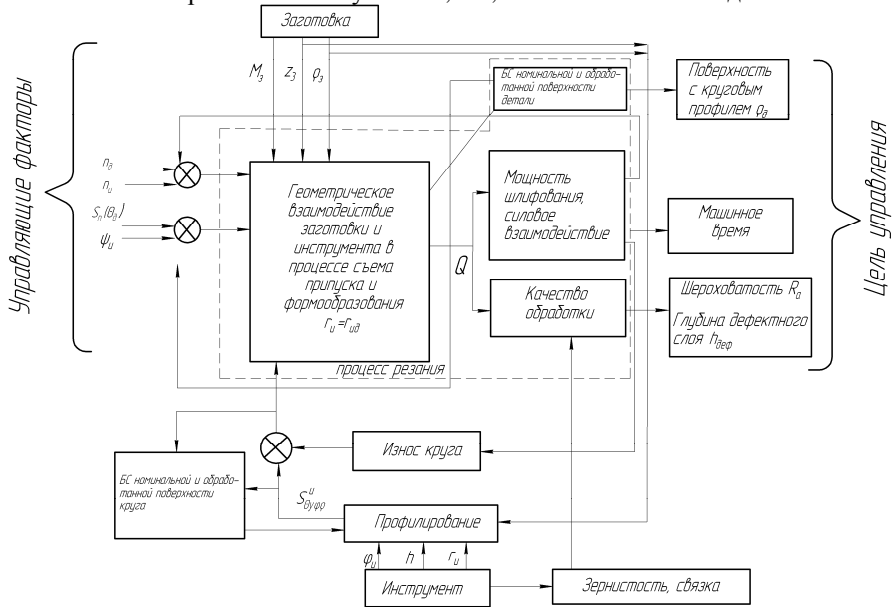


Рис. 1. Схема определения эффективности шлифования со скрещивающимися осями инструмента и детали с круговым профилем

Учитывая то, что рассчитанные значения выборок отличались незначительно, исследования проводились на выборке объемом 50 измерений.

Отсев грубых погрешностей замеров времени производился по методам Гребса и Романовского. Среднее арифметическое значение машинного времени и среднее квадратичное отклонение определялись по формулам [7]

$$\bar{T}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad (2)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T}_e)^2}{n}}, \quad (3)$$

где:  $T_e$  — среднее машинное время, с,  $T_i$  — машинное время обработки  $i$ -й детали.

Оценка соответствия эмпирического распределения теоретическому проводилась с помощью  $\chi^2$ -критерия, был избран из соображений того, что при достаточно большом числе наблюдений он есть наиболее достоверным и обеспечивает минимальную ошибку в принятии ошибочной гипотезы в

сравнении с другими критериями (критерий согласования  $\lambda$  Колмогорова, критерий асимметрии и эксцесса). Кроме того, применение  $\chi^2$ -критерия уместно в тех случаях, когда параметры закона распределения неизвестны и заменяются соответствующими выборочными характеристиками [7].

Теоретическая частота кривой распределения определялась по формуле

$$m' = \frac{nd}{\sigma_e} Z_t, \quad (4)$$

где  $Z_t = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$  — величина, которая определяется из таблицы в зависимости от значения  $t$  [7].

Произведение  $nd$  обеспечивает получение величины  $m'$  в том же масштабе, в котором отложены частоты полигона распределения.

Критерий  $\chi^2$  определялся по формуле [7]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(m_i - m'_i)^2}{m'_i}, \quad (5)$$

где:  $f$  — количество интервалов полигона распределения;  $m_i$  — частота попадания экспериментальных данных в  $i$  интервал.

Результаты обработки экспериментальных данных оформлены в виде карт, одна из которых приведенные ниже.

В картах приняты следующие обозначения:

$T_{max}$ ,  $T_{min}$  — максимальное и минимальное машинное время в выборке;  $W = T_{max} - T_{min}$  — размах варьирования измеренных значений машинного времени;  $d$  — ширина интервала;  $\bar{T}$  — среднее значение машинного времени.

*Карта обработки экспериментальных данных № 25.  
Палец рулевой тяги. Операция 035. Круглошлифовальная.  
Шлифование сферической головки пальца.*

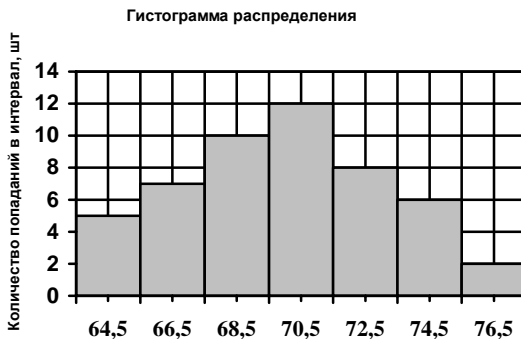


Таблица экспериментальных данных, с

67,9	70,5	66,0	64,9	66,1	72,3	70,1	76,1	72,1	67,2
70,0	75,0	65,8	72,1	76,3	75,5	70,4	67,7	69,9	67,7
64,0	64,3	67,7	73,4	70,2	71,5	67,7	73,1	68,7	72,9
70,3	69,7	74,7	69,5	73,1	74,9	65,7	68,8	70,5	67,6
69,4	73,3	76,9	73,7	69,9	67,0	71,7	74,8	74,9	70,0

Таблица обработки экспериментальных данных

№ п/п	Интервал		$\bar{T}_i$	Частота $m_i$	$t_i$	$Z_{i1}$	Теоретическая частота $m'_i$
	от	до					
1	63,5	65,5	64,5	5	-1,607	0,1096	3,2213
2	65,5	67,5	66,5	7	-1,020	0,2372	6,9706
3	67,5	69,5	68,5	10	-0,432	0,3634	10,6785
4	69,5	71,5	70,5	12	0,156	0,3941	11,5813
5	71,5	73,5	72,5	8	0,743	0,3026	8,8923
6	73,5	75,5	74,5	6	1,331	0,1645	4,8336
7	75,5	77,5	76,5	2	1,919	0,0633	1,8601

Tmax с	Tmin, с	W, с	d, с	$\bar{T}_c$	$\sigma$	$\omega$	$\chi^2$ табл	$\chi^2$
76,9	64,0	12,9	2	69,97	3,403	20,419	9,49	1,422

$$\chi^2_{\text{табл}} > \chi^2$$

Соответствует закону Гаусса

Анализ результатов обработки экспериментальных данных позволил сделать такие выводы:

1. Распределение временных связей абразивной обработки соответствует закону Гаусса, что упрощает дальнейшую оптимизацию временных связей.
2. Использование временного анализа позволяет назначать допуски на машинное время.

Список литературы: 1. Колесов И.М. Автоматизации подлежит производственный процесс // Вестник машиностроения. – 1985. №3. – с. 57-61. 2. Єрошенко А.М. Уніфікація розрахунків розмірних і часових зв'язків технологічного процесу // Вісник інженерної академії наук. – 2006. №2-3. – с. 94-95. 3. Єрошенко А.М., Бондаренко С.Г. Часові зв'язки виробничого процесу // Вісник Чернігівського технологічного інституту. – 1996. №3. – с.37-39. 4. Єрошенко А.М., Бондаренко С.Г., Чередніков О.М. Дослідження особливостей часових зв'язків виробничого процесу // Наукові нотатки: Міжвузівський збірник (за напрямом "Інженерна механіка"). №4 – Луцьк: Луцький державний технічний університет. – 1998. – с. 84-89. 5. Єрошенко А.М., Чередніков О.М. Особливості часових ланцюгів виробничого процесу // Вісник Чернігівського технологічного інституту. – 1997. №4. – с.23-26. 6. Єрошенко А.М., Чередніков О.М., Кухаренко О.В. Порядок розв'язання часових ланцюгів при розрахунку тривалості технологічного циклу під час паралельно-последовного руху предметів праці // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 1999. №9. – с.93-101. 7. Колкер Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей. — К.: Техника, 1976. — 198 с.

Поступила в редколлегию 20.10.08