СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАРУЖНОГО ШЛИФОВАНИЯ НА БАЗЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА

А.Х. Нуркенов

Важнейшими характеристиками современного машиностроения, непосредственно определяющими качественные показатели работы машин и приборов, являются точность и надежность. Высокая точность геометрических размеров деталей определяет возможность их взаимозаменяемости, позволяющей существенно снизить затраты при сборке, ремонте и эксплуатации механизмов и машин [1].

Одним из методов получения высокой точности финишной поверхности изделия является круглое наружное шлифование с прибором активного контроля.

В современном динамичном производстве, характеризуемым выпуском малых партий изделий, распределение показателей качества технологического процесса не успевает дойти до нормального закона распределения. Существующие методики управления и проектирования процессов ориентированы на нормальное распределение. Актуальна задача разработки алгоритмов управления процессом шлифования при законах распределения не являющихся нормальными.

Одним из методов реализации алгоритма управления технологической системы является статистический контроль процесса обработки. Наиболее эффективным методом контроля является контроль на базе последовательного анализа А. Вальда [2]. Последовательный анализ является методом статистического исследования, характерная черта которого заключается в том, что количество наблюдений, необходимых в процессе испытания, заранее не определено. Решение об окончании эксперимента зависит на каждой данной стадии эксперимента от результатов предыдущих наблюдений.

Настоящая методика представляет собой теорию одного частного метода последовательного анализа, так называемого последовательного критерия отношений вероятностей с целью проверки статистических гипотез. Например, критерий среднего значения биномиального распределения, который позволяет осуществить проверку партии изделий.

Предположим, что каждая единица отнесена к одной из двух категорий: дефектной или годной. Будем приписывать величину 0 любому годному изделию и величину 1 любому дефектному изделию. Пусть p означает относительное число дефектных изделий. Тогда величина x, получающаяся в результате проверки изделия, случайно выбранного из партии, может принимать только значения 1 и 0 с вероятностью p и $1-p$ соответственно. Тогда можно задать такую величину p', что при $p \le p'$ мы предпочитаем принять партию, а при $p > p'$ – отвергнуть.

Таким образом, задача о пригодности данной партии изделий, решение которой дается на основании выборочной проверки, может быть поставлена как задача проверки гипотезы о том, что $p \le p'$, против гипотезы $p > p'$.

Допускаемый риск, связанный с принятием неправильных решений, характеризуется четырьмя величинами: p_0, p_1, α, β. Вероятность забраковать партию не должна превышать некоторой наперед заданной малой величины α, когда $p \le p_0$ и вероятность принятия партии не должна превышать некоторой наперед заданной малой величины β, когда $p \ge p_1$.

Выбор этих четырех величин не является статистической проблемой. Они выбираются из практических соображений в каждом частном случае.

На каждом этапе при проверке m-го изделия для каждого положительного целого значения m вычисляем приемочное и браковочное число по формулам 1 и 2.

$$a_m = \frac{\ln\dfrac{\beta}{1-\alpha}}{\ln\dfrac{p_1}{p_0} - \ln\dfrac{1-p_1}{1-p_0}} + m\frac{\ln\dfrac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln\dfrac{p_1}{p_0} - \ln\dfrac{1-p_1}{1-p_0}}, \tag{1}$$

$$r_m = \frac{\ln\dfrac{1-\beta}{\alpha}}{\ln\dfrac{p_1}{p_0} - \ln\dfrac{1-p_1}{1-p_0}} + m\frac{\ln\dfrac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln\dfrac{p_1}{p_0} - \ln\dfrac{1-p_1}{1-p_0}}. \tag{2}$$

Рассмотрим практический пример реализации методики статистического контроля. Например, приемочный контроль партии изделий с заданными величинами: $p_0 = 0{,}01$, $p_1 = 0{,}05$, $\alpha = 0{,}01$ и $\beta = 0{,}05$. Приемочное и браковочное числа и результаты наблюдения при эксперименте приведены в таблице. В этом примере проверка закончилась при $m = 8$ браковкой партии.

Приемочный контроль партии изделий

Число проверенных изделий m	Приемочное число a_m	Число обнаруженных дефектов d_m	Браковочное число r_m
1	0	0	3
2	0	1	3
3	0	1	3
4	0	1	3
5	0	2	3
6	0	2	3
7	0	3	3
8	0	4	3

При контроле можно пользоваться также графическим методом. Число наблюдений m откладывается по горизонтальной оси, а число дефектов d_m

по вертикальной оси. Точки (m, a_m) лежат на прямой линии $L_{0,}$ так как a_m линейная функция m. Точно так же точки (m, r_m) лежат на прямой линии $L_{1.}$

Прямая L_0 пересекает вертикальную ось в точке:

$$h_0 = \frac{\ln \dfrac{\beta}{1-\alpha}}{\ln \dfrac{p_1}{p_0} - \ln \dfrac{1-p_1}{1-p_0}} \tag{3}$$

и прямая L_1 в точке:

$$h_1 = \frac{\ln \dfrac{1-\beta}{\alpha}}{\ln \dfrac{p_1}{p_0} - \ln \dfrac{1-p_1}{1-p_0}}. \tag{4}$$

Линии L_0 и L_1 параллельны и их общий угловой коэффициент равен:

$$s = \frac{\ln \dfrac{1-p_0}{1-p_1}}{\ln \dfrac{p_1}{p_0} - \ln \dfrac{1-p_1}{1-p_0}}. \tag{5}$$

Две прямые линии L_0 и L_1 наносятся на график перед началом контроля. Точки (m, d_m) наносятся на график по мере того, как идет проверка. Продолжаем проверку добавочных изделий до тех пор, пока точка (m, d_m) лежит между линиями L_0 и $L_{1.}$

Проверка прекращается, как только первый раз точка (m, d_m) не попадает между линиями L_0 и L_1 (рис. 1).

Необходим также определить оперативную характеристику и функцию среднего числа наблюдений, характеризующие любой процесс проверки статистических гипотез. Эти две функции являются, возможно, наиболее важными характеристиками процесса проверки.

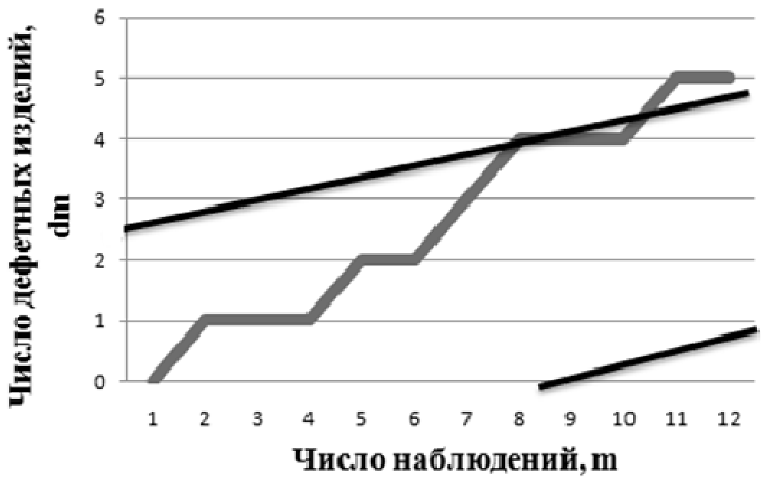

Рис. 1. Приемочный контроль на основе графического метода

Функцию оперативной характеристики и среднего числа наблюдений определяют по формулам (6) и (7). По результатам расчетов строят графики (рис. 2).

$$L(\theta) \approx \frac{\left[\frac{1-\beta}{\alpha}\right]^{h} - 1}{\left[\frac{1-\beta}{\alpha}\right]^{h} - \left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right)^{h}}; \tag{6}$$

$$E_p(n) = \frac{L(p)\ln\frac{\beta}{1-\alpha} + [1-L(p)]\ln\frac{1-\beta}{\alpha}}{p\ln\frac{p_1}{p_0} + (1-p)\ln\frac{1-p_1}{1-p_0}}. \tag{7}$$

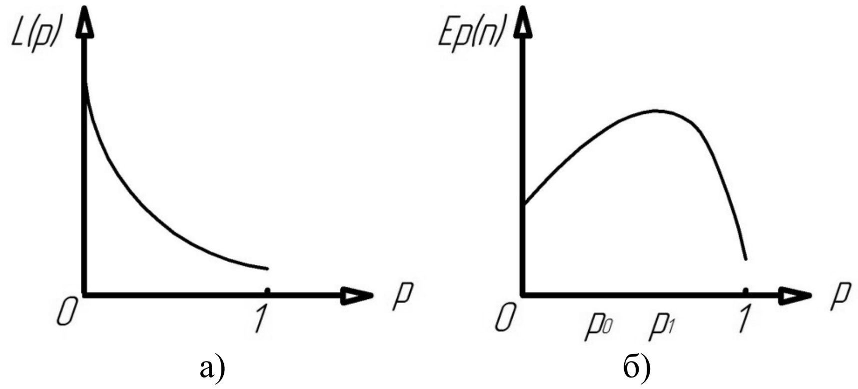

Рис. 2. Графики кривых оперативных характеристик: а – кривая оперативной характеристики; б – кривая функции среднего числа наблюдений

Достоинство данного метода, применительно к проверке статистических гипотез, заключается в том, что он позволяет сконструировать такую методику проверки, которая требует, в среднем, существенно меньшего числа наблюдений, чем равная ей по надежности проверка, основанная на заранее определенном количестве наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке задания Рособразования на проведение фундаментальных научных исследований № 01201000749.

Библиографический список

1. Дальскочи, А.М. Технология машиностроения: учеб. для вузов / под ред. А.М. Дальскочи. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 564 с.

2. Вальд, А. Последовательный анализ / Абрахам Вальд; пер. с англ. П.А. Бакута, Б.М. Герасимова, И.Н. Кузнецова, А.А. Курикши; под ред. Б.А. Севостьянова. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960 – 326 с.