

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ВАЛОВ

Александр Викторович Борозенец

*Магистр 2 года,**кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»**Московский государственный технический университет им.Н.Э. Баумана**Научный руководитель: В.М. Корнеева,**доктор технических наук, профессор кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»*

Актуальность работы. В настоящее время перед промышленностью поставлена задача всемерного развития автоматизации технологических процессов. Одним из наиболее важных и сложных вопросов в этой области является автоматизация контроля.

Развитие активного контроля является важнейшей предпосылкой повышения качества изделий, автоматизации технологических процессов высокой точности, снижение потерь от брака и расходов на контроль.

Цель работы. Следовательно, целью работы является сравнение точности устройств с применением активного контроля и без его применения. С целью повышения достоверности эксперимента и учёта систематической погрешности мы осуществим планирование контроля выборки последовательного плана и оценку адекватности математической модели функции отклика.

Основные результаты. При активном контроле шейки вала электроусилителя рулевого управления диаметром 12 мм и качеством k_6 и допуском $Td = 11$ мкм были получены следующие результаты при контроле диаметра без применения устройства активного контроля и с его применением:

Таблица 1.

Без УАК	0	1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-2	-2	0	0	4	8	9
2	2	0	0	0	2	6	9	9
3	4	0	0	2	4	8	9	9
4	4	2	0	2	4	8	9	9
5	4	2	2	2	6	8	10	9
6	4	2	2	4	6	9	10	9
7	4	2	2	4	6	9	10	9
8	6	4	2	4	6	9	10	10
9	6	4	4	4	8	9	10	11
10	6	4	4	6	8	9	10	12
11	8	6	4	6	9	9	10	12
12	8	8	6	8	10	9	11	14
M_x	4,58	2,67	2,0	3,50	6,00	12,3	13,8	18,3
СКО	2,50	2,74	2,25	2,43	3,30	3,67	3,46	2,06

Результаты расчетов для технологического процесса с применением УАК представлены в табл.2.

Таблица 2.

с УАК	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2	0	-2	-2	-3	-2	-4	-4	-4	-6	-7	-9
2	0	-2	-2	-3	-4	-3	-4	-4	-7	-7	-7	-9
3	0	-2	-3	-3	-4	-3	-4	-4	-7	-8	-8	-10
4	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-6	-6	-7	-8	-9	-10
5	-2	-3	-3	-4	-4	-4	-6	-6	-7	-8	-9	-10
6	-3	-4	-4	-4	-5	-4	-6	-7	-7	-9	-9	-10
7	-3	-4	-4	-4	-5	-4	-6	-7	-7	-9	-9	-10
8	-3	-4	-4	-4	-5	-6	-6	-7	-8	-9	-10	-11
9	-3	-5	-4	-6	-6	-6	-6	-7	-8	-10	-10	-11
10	-3	-5	-6	-6	-7	-6	-7	-7	-9	-10	-10	-11
11	-3	-5	-6	-6	-7	-6	-8	-7	-9	-10	-11	-11
12	-4	-6	-7	-7	-8	-7	-9	-8	-10	-11	-11	-12
Мх	-3,00	-5,33	-5,67	-6,5	-8,33	-6,67	-9,50	-9,67	-12,3	-15,5	-16,3	-18,7
СКО	2,76	2,995	2,61	2,71	3,06	2,74	3,21	2,67	3,60	2,84	2,67	1,76

В результате использования регрессивного и прогрессивного метода были получены следующие коэффициенты изменения точности:

Начальный коэффициент увеличения точности:

$$K_{\text{утнач}} = \frac{\delta'_p(t_0) + \Delta'_H(t_0)}{\delta''_p(t_0) + \Delta''_H(t_0)} = \frac{1.76 + 10}{2.4 + 11.04} = 1.19.$$

Регрессивный коэффициент увеличения точности:

$$K_{\text{ym}}(t_1) = \frac{|F'(t_1) - F'(t_{\min})| + \delta'_p(t_{\min})/2 + \delta'_p(t_1)/2 + \Delta'_H(t_1)}{|F''(t_1) - F''(t_0)| + \delta''_p(t_0)/2 + \delta''_p(t_1)/2 + \Delta''_H(t_1)} =$$

$$= \frac{|13.9 - 2.83| + 2.69/2 + 2.92/2 + 8.24}{|-8.56 - (-4.7)| + 2.4/2 + 1.75/2 + 10.68} = 1.41$$

Прогрессивный коэффициент увеличения точности:

$$K_{\text{ym}}(t_n) = \frac{|F'(t_n) - F'(t_{\min})| + \delta'_p(t_{\min})/2 + \delta'_p(t_n)/2 + \Delta'_H(t_n)}{|F''(t_n) - F''(t_0)| + \delta''_p(t_0)/2 + \delta''_p(t_n)/2 + \Delta''_H(t_n)} =$$

$$= \frac{|41.3 - 2.83| + 2.69/2 + 1.4/2 + 7.04}{|-14.3 - (-4.7)| + 2.4/2 + 2.30/2 + 7.04} = 2.73$$

Средний коэффициент увеличения точности:

$$K_{\text{ymcp}} = \frac{K_{\text{ym}}(t_1) + K_{\text{ym}}(t_n)}{2} = \frac{1.68 + 2.73}{2} = 2.21$$

На основании полученных коэффициентов точности можно сделать вывод, что оборудование с УАК применяется, в основном, для обработки деталей высоких квалитетов (IT5–IT7), регрессивный коэффициент $1 \leq K_{\text{ym}}(t_1) \leq 1,6$, поэтому внедрение УАК приводит к уменьшению брака.

Для партии валов в целях повышения достоверности контроля проведём планирование эксперимента. Осуществим его двумя способами. Первый способ заключается в том, что контроль качества изделий в выборке является идеальным, то есть с нулевыми вероятностями ошибок 1-го и 2-го рода. В действительности вероятности этих ошибок не равны нулю и поэтому влияют на эффективность последовательного плана контроля. Второй способ планирования учитывает вероятности появления ошибок контроля единичного изделия из

выборки. Рассчитаем оба таких плана для единых исходных данных с целью определения плана, наиболее отвечающего требованиям производства.

Исходные данные:

$\alpha_0 = 0,1; \beta_0 = 0,1$ – вероятности ошибок первого и второго рода;

$x_i = \frac{2}{400} = 0,005$ – уровень дефектности партии.

На основании величины x_i , классы эквивалентности формируются следующим образом:

$V_x^{(0)} = \{(N, x_i): x_i \leq x_0(N, x) \in V_N\} \rightarrow H_0$ – класс годных партий

$V_x^{(1)} = \{(N, x_i): x_i > x_0(N, x) \in V_N\} \rightarrow H_1$ – класс дефектных партий

$V_x^{(1)}, V_x^{(0)}$ – классы эквивалентности

x_0 – уровень дефектности

V_N – множество партий объема N

Формулирование гипотез:

$H_0^{(0)}: P_0(\alpha, \beta) = \alpha + [1 - (\alpha + \beta)]x_{00}$ при $x_{ii} = x_{00}$ – наиболее предпочтительная

$H_1^{(0)}: P_1(\alpha, \beta) = \alpha + [1 - (\alpha + \beta)]x_{01}$ при $x_{ii} = x_{00}$ – наиболее предпочтительная

$$P_0(\alpha, \beta) = \alpha + [1 - (\alpha + \beta)]x_{00} = (0,12 + (1 - (0,12 + 0,31))0,03) = 0,123$$

$$P_1(\alpha, \beta) = \alpha + [1 - (\alpha + \beta)]x_{01} = (0,1 + (1 - (0,12 + 0,31))0,1) = 0,142$$

$$m = \frac{P_1(\alpha, \beta)(1 - P_0(\alpha, \beta))}{P_0(\alpha, \beta)(1 - P_1(\alpha, \beta))} = \frac{0,142(1 - 0,123)}{0,123(1 - 0,142)} = 1,033$$

Расчёт границ плана проводится согласно следующим формулам:

$$a(\alpha, \beta) = \frac{\ln\left(\frac{\beta_0}{1 - \alpha_0}\right)}{\ln(m)} = \frac{\ln\left(\frac{0,4}{1 - 0,21}\right)}{\ln(1,033)} = -2,946$$

$$b(\alpha, \beta) = \frac{\ln\left(\frac{1 - \beta_0}{\alpha_0}\right)}{\ln(m)} = \frac{\ln\left(\frac{1 - 0,4}{0,21}\right)}{\ln(1,033)} = 2,946$$

$$c(\alpha, \beta) = \frac{\ln\left(\frac{1 - P_0(\alpha, \beta)}{1 - P_1(\alpha, \beta)}\right)}{\ln(m)} = \frac{\ln\left(\frac{1 - 0,123}{1 - 0,142}\right)}{\ln(1,033)} = 0,295$$

Решающая функция плана будет иметь следующий вид:

$$S(v(n)) = \begin{cases} 0, v(n) \leq -2,946 + 0,295 \cdot n & \text{— годен} \\ 1, v(n) \geq 2,946 + 0,295 \cdot n & \text{— брак} \end{cases}$$

Математическое ожидание объёма последовательной выборки выглядит следующим образом:

$$m_n(x_i)' = \begin{cases} -\frac{a}{c} \\ \frac{b}{1 - c} \\ \frac{ab}{c(c - 1)} \end{cases}$$

При $x_i = c$, функция $m_n(x_i)'$ достигает максимального значения

Найдём математическое ожидание объёма последовательной выборки

$$m_n(x_i)'' = \frac{a(\alpha, \beta) \cdot b(\alpha, \beta)}{c(\alpha, \beta) \cdot (c(\alpha, \beta) - 1)} = \frac{-2,946 \cdot 2,946}{0,295(0,295 - 1)} = 1116 \text{ изделий.}$$

Оценка функции отклика (математической модели функции отклика) является одним из инструментов (методов) при планировании измерений, позволяющим осуществлять точную настройку прибора, учитывать систематическую погрешность при измерениях.

При планировании измерений функции отклика используется следующий вид условия адекватности:

$$\Delta\eta(\bar{c}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n \Delta\eta^2(x_k, c)} \leq \frac{\sqrt{n}}{2} T_{\xi\Delta\eta}$$

$$\Delta\eta(\bar{c}) = \sqrt{\sum_{k=1}^n \Delta\eta^2(x_k, c)} \leq \frac{\sqrt{6}}{2} 0,01 = 0,012$$

В качестве меры удалённости линейной модели от истинной статической характеристики примем модуль вектора отклонения математической модели от истинной характеристики средства измерения (радиус адекватности)

Интервальная оценка погрешности функции отклика позволяет определить «коридор» значений для математической модели функции отклика.

Границы коридора можно определить по формуле:

$$I_p \left[\eta(x, \hat{C}) \right] = \eta(x, \hat{C}) \pm t_{p\nu}^* \cdot \sigma_\eta^*(x), \text{ где}$$

$$\sigma_\eta^*(x) = \sqrt{\frac{S_e^2}{2\hat{\mu}}} \rho(x, 2)$$

$\rho(x, 2) = \rho(n) = 1,347$ - радиус двумерной гиперболы

$$S_e^2 = \frac{1}{2(\hat{\mu} - 1)} \cdot \sum_{k=1}^z \sum_{j=1}^{\mu} (y_{kj} - z_k)^2 = 0,083$$

$$\sigma_\eta^*(x) = \sqrt{\frac{0,083}{12}} 1,347 = 0,009$$

$$I_p \left[\eta(x, \hat{C}) \right] = 14,82 + 1,095x \pm 1,6820 \cdot 0,009$$

Оценка адекватности математической модели функции отклика определяется решающей функцией:

$$S(q_z) = \begin{cases} 0, & q_z \leq q_{z0} \\ 1, & q_z > q_{z0} \end{cases}$$

причем, если $S(q_z) = 0$, то модель признается адекватной, $S(q_z) = 1$ – не адекватной.

$$q_z = \hat{\mu} S_e^{-2} \sum_{k=1}^{\mu} (Z_k - (c_1 + c_2 x_k))^2 = 1,431$$

Поскольку значение $q_z < q_0$ можно полагать, что модель является адекватной. Вероятность ошибки не превосходит $\beta_0 = 0,01$.

Вывод. На основании полученных коэффициентов точности можно сделать вывод, что оборудование с УАК применяется, в основном, для обработки деталей высоких качеств (IT5–IT7), регрессивный коэффициент $1 \leq K_{ym}(t_1) \leq 1,6$, поэтому внедрение УАК приводит к уменьшению брака. Поскольку выдержано условие $K_{ym}(t_n) > K_{ym}(t_1)$, то внедрение УАК приводит к увеличению производительности за счет сокращения числа подналадок.

В данном случае применение УАК является целесообразным.

Также, было проведено планирование эксперимента на основе последовательного плана. С целью повышения достоверности контроля предлагается применить планирование измерений с учётом ошибок контроля первого и второго рода изделий в выборке.

В результате оценивания адекватности функции отклика мы пришли к выводу, что функция отклика является адекватной, то есть прибор работает нормально.

Литература

1. Теория и проектирование контрольных автоматов / *Воронцов Л.Н., Корндорф С.Ф., Трутень В.А., Федотов А.В.*; Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа. – 1980.
2. Измерения: планирование и обработка результатов : [учебно-практ. пособие] / *Н. Г. Назаров*. - М. : Издательство стандартов, 2000. - 304 с. : ил. - Библиогр.: с. 299.
3. Метрология: Основные понятия и математические модели : Учеб. пособие для вузов / *Н. Г. Назаров*. - М. : Высшая школа, 2002. - 348 с. : ил. - Библиогр.: с. 343.