

УДК 006

ВЫБОР ДОПУСТИМОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО
КОНТРОЛЯ ПРИ ТРАПЕЦИЕВИДНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ
КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАРАМЕТРА

З. Ю. ТРЕТЬЯК

УО «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»

Гомель, Беларусь

Критериями качества процессов контроля продукции являются показатели достоверности или вероятности ошибок контроля. На стадии измерительного контроля, значение терминов "в пределах зоны спецификации" и "вне зоны спецификации" усложняется существующей неопределенностью измерения, что приводит к появлению риска изготовителя – признание (по результатам контроля) в действительности годного изделия негодным (дефектным) и риска потребителя – признание в действительности негодного изделия годным. Поскольку риски изготовителя и потребителя зависят от значения неопределенности измерения, допустимую погрешность измерений можно оценивать с позиций вероятности пропуска брака и забракования годных объектов.

Традиционно для случая приемочного контроля объекта по заданному параметру, если заданы два его предельных значения, за допустимую погрешность измерений традиционно принимают такую, которая не превышает 1/3 части допуска (Т) параметра [1]:

$$[\Delta] \leq T/3, \quad (1)$$

где $[\Delta]$ – пренебрежимо малая неопределенность измерений, которую принимают за предел допустимой погрешности измерений; Т – допуск параметра, равный разности между двумя его нормированными предельными значениями: наибольшим (USL) и наименьшим (LSL)

$$T = USL - LSL \quad (2)$$

Формулы для расчета средних рисков изготовителя и потребителя предложены Рубичевым и Фрумкиным [2]:

$$R_{\text{потр}} = 1 - \frac{\int_{LSL}^{USL} \int_{LSL}^{USL} k(z)q(y-z)dydz}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{LSL}^{USL} k(z)q(y-z)dydz}, \quad R_{\text{изр}} = 1 - \frac{\int_{LSL}^{USL} \int_{LSL}^{USL} k(z)q(y-z)dydz}{\int_{LSL}^{USL} k(z)dz}, \quad (3)$$

где k – плотность вероятности контролируемого параметра, z – значение контролируемого параметра, q – плотность вероятности неопределенности измерения, y – конкретное значение результата измерения для данного экземпляра изделия, для которого рассчитывается индивидуальный риск.

В большинстве случаев механической обработки точность размеров деталей зависит от большого числа близких по величине и независимых друг

от друга случайных причин, обуславливающих распределение размеров по нормальному закону, и переменных систематических погрешностей, возникающих вследствие равномерного износа инструмента и определяющих распределение по закону равной вероятности [3]. В этом случае закон распределения размеров обработанных заготовок можно представить как композицию нормального закона распределения с параметрами (a_0, σ) и равновероятного, причём последний используют как стохастическую модель отображения систематического смещения центра группирования параметра. Структура поля рассеивания неопределенности обработки изделий (в рамках принятых допущений) представлена на рис. 1.

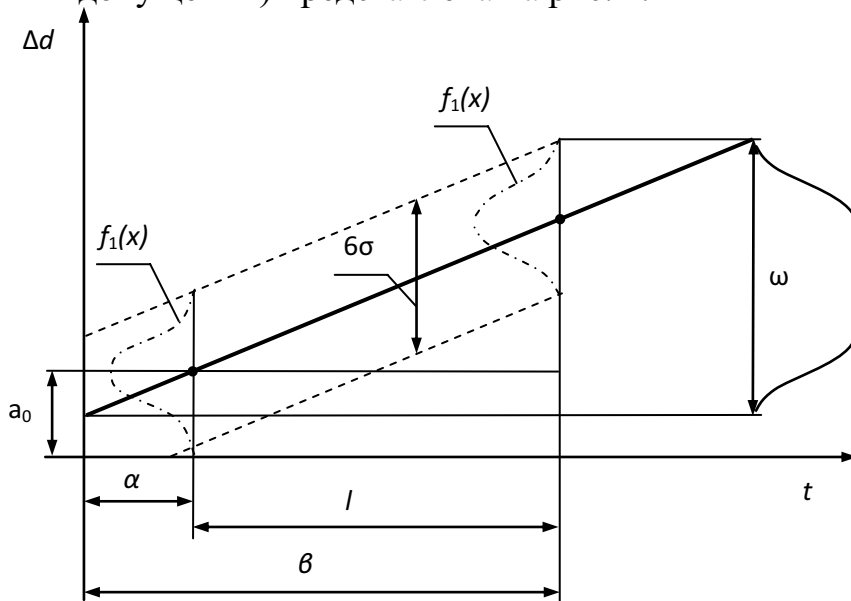


Рис. 1. Структура поля рассеивания неопределенности обработки изделий

Композиция нормального закона $f_1(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a_0)^2}{2\sigma^2}}$ и равновероятного

закона $f_2(y) = \frac{1}{\beta-\alpha}$ при $\alpha < y < \beta$ описывается формулой [4]:

$$g(z) = \frac{1}{\beta-\alpha} \int_{\alpha}^{\beta} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(y-(z-a_0))^2}{2\sigma^2}} dy, \quad (4)$$

где σ – среднее квадратичное отклонение нормального распределения; a_0 – среднее арифметическое размера в начальный момент времени.

Композиции нормального закона с законом равной вероятности создают кривые различной формы, зависящие от отношения полей рассеивания исходных распределений $\varphi = \frac{\beta-\alpha}{6\sigma}$. На рис. 2 представлено семейство кривых функции $g(z)$ при различных значениях φ .

Все распределения имеют вид от кривой нормального распределения (при $(\beta-\alpha) \rightarrow 0$ и $\varphi \rightarrow 0$) до прямоугольника (распределения равной вероятности при $\varphi = \infty$ и $\sigma \rightarrow 0$). Промежуточные кривые симметричны, имеют плоские вершины и могут аппроксимироваться трапецевидными распределениями.

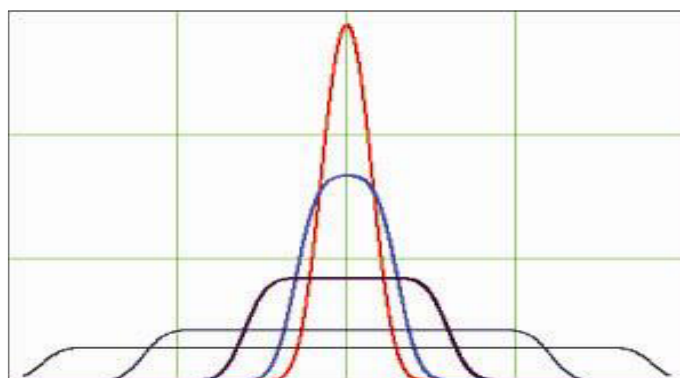


Рис. 2. Вид функции $g(z)$ при различных отношениях полей рассеивания исходных распределений

Риски изготовителя и потребителя для нормального распределения контролируемого параметра при границе неопределённости измерений, принятой равной предельно допустимой погрешности измерений $[\Delta] = T/3$, не превышают 1,5 % [5]. Изменение вида распределения контролируемого параметра при наличии переменных систематических погрешностей увеличивает значения рисков. Были рассчитаны риски изготовителя и потребителя для трапециевидных распределений контролируемого параметра с отношением оснований (верхнего к нижнему) $\beta = 1/2; 1/3; 2/3; 4/5$, а также для равномерного распределения с $\beta = 1$ при $[\Delta] = T/3$.

При неизвестной технологии поле рассеяния контролируемого параметра ω принимается равным полю допуска $T = \omega_p$ с уровнем доверительной вероятности $P=0,99$.

Выбор распределений, характеризующих неопределенность измерений (аналог случайной составляющей погрешности), обусловлен рекомендацией руководства по применению СТБ ИСО/МЭК 17025 "Оценка неопределенности в измерениях". Предложенные аппроксимации включают следующие распределения: нормальное (Гаусса), равновероятное (прямоугольное), треугольное (Симпсона) и трапециевидное.

Табл. 1. Результаты расчёта риска изготовителя

Распределение неопределенности измерений	Риск изготовителя $R_{изг}$, % при трапециевидном распределении контролируемого параметра с отношением оснований				
	$\beta = 1$	$\beta = 4/5$	$\beta = 2/3$	$\beta = 1/2$	$\beta = 1/3$
Нормальное	4,65	3,04	2,26	1,81	1,62
Треугольное	5,56	3,82	2,80	2,18	1,92
Трапециевидное $\beta = 1/3$	6,02	4,20	3,07	2,39	2,11
Трапециевидное $\beta = 1/2$	6,48	4,61	3,39	2,63	2,31
Трапециевидное $\beta = 2/3$	7,04	5,15	3,43	2,95	2,59
Равновероятное	8,33	6,43	4,91	3,80	3,32

Табл. 2. Результаты расчета риска изготовителя

Распределение неопределенности измерений	Риск потребителя $R_{\text{потр}}$, % при трапециевидном распределении контролируемого параметра с отношением оснований				
	$\beta = 1$	$\beta = 4/5$	$\beta = 2/3$	$\beta = 1/2$	$\beta = 1/3$
Нормальное	0,50	0,64	0,39	0,37	0,37
Треугольное	0,51	0,45	0,41	0,39	0,20
Трапециевидное $\beta = 1/3$	0,51	0,46	0,43	0,41	0,21
Трапециевидное $\beta = 1/2$	0,51	0,47	0,44	0,41	0,21
Трапециевидное $\beta = 2/3$	0,52	0,47	0,44	0,42	0,22
Равновероятное	0,55	0,49	0,46	0,44	0,44

Результаты проведенного исследования показывают, что при трапециевидном распределении контролируемого параметра с отношением оснований $\beta \leq 2/3$, для выбора допустимой погрешности контроля в неотчетственных случаях можно использовать тривиальное отношение допустимой погрешности измерений и допуска контролируемого параметра (1), поскольку риск изготовителя не превышает 5 %, при поле допуска равном полю рассеяния с $P = 0,99$.

При трапециевидном распределении контролируемого параметра с $\beta > 2/3$ риск изготовителя превышает 5 % при равновероятном и трапециевидном $\beta = 2/3$ распределениях неопределенности измерений. При равновероятном распределении контролируемого параметра риск изготовителя достигает 8,33 %. В случае если риски превышают установленный приемлемый уровень, следует установить погрешность измерительного контроля меньшую, чем предельно допустимая ($[\Delta] < T/3$), соответствующую приемлемым уровням рисков, и обеспечить её соблюдение, для чего следует разработать более точную методику измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Цитович, Б. В.** Выбор методик выполнения измерений для исследования точности технологических процессов. / Б. В. Цитович // Наука и технологии на рубеже XXI века: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Минск : «Технопринт». – 2000. – С. 499–504.
2. **Рубичев, Н. А.** Достоверность допускового контроля качества / Н. А. Рубичев, В. Д. Фрумкин. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 172 с.
3. **Маталин, А. А.** Технология машиностроения / А. А. Маталин – СПб : Издательство «Лань», 2008. – 212 с.
4. **Вентцель, Е. С.** Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров –2-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2000. – 480 с.
5. **Третьяк, З. Ю.** Оценка рисков изготовителя и потребителя на основе оценивания расширенных неопределенностей при измерительном приемочном контроле / З. Ю. Третьяк // Метрология-2009: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Минск, БелГИМ, 2009. – С. 338–340.

E-mail: tretzarina@ya.ru