

УДК 658.5:621.86

ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПТМ

©Смирнов И. П., Павлова А. А.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

Смирнов Ігор Петрович: ORCID: 0000-0002-5982-8123; smirnov_ip@mail.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Павлова Ганна Олексіївна: ORCID: 0000-0002-7333-4242; pavlova_aa@mail.ru; кандидат технічних наук; доцент кафедри інтегрованих технологій в машинобудуванні та зварювального виробництва; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Рассмотрены вопросы влияния погрешности измерительного средства на достоверность контроля при производстве подъемно-транспортных машин.

Проведен анализ зависимости двумерного нормального распределения контролируемого параметра и погрешности измерения, характеризующих риск поставщика и риск заказчика.

В результате проведенных исследований выявлена зависимость между вероятностью ошибок при контроле и погрешностью изготовления и даны рекомендации по повышению качества контроля продукции.

Полученные результаты будут полезны при проектировании технологических процессов контроля при производстве подъемно-транспортных машин.

Ключевые слова: погрешность измерения; нормальный закон распределения; вероятность ошибок I и II рода; риск поставщика и риск заказчика.

Смирнов І. П., Павлова Г. О. «Оцінка достовірності контролю при виробництві ПТМ».

Розглянуто питання впливу похибки вимірювального засобу на вірогідність контролю при виробництві підйомно-транспортних машин.

Проведено аналіз залежності двовимірного нормального розподілу контрольованого параметра і похибки виміру, що характеризують ризик постачальника і ризик замовника.

В результаті проведених досліджень виявлено залежність між імовірністю помилок при контролі і похибкою виготовлення та надано рекомендації щодо підвищення якості контролю продукції.

Отримані результати будуть корисні при проектуванні технологічних процесів контролю при виробництві підйомно-транспортних машин.

Ключові слова: похибка вимірювання; нормальний закон розподілу; ймовірність помилок I і II роду; ризик постачальника і ризик замовника.

Smyrnov I., Pavlova H. “Validation of control in the production of handling machines”.

The questions of the impact of the error on the accuracy of the measurement means control in the manufacture of material handling machines.

The dependence of the bivariate (two-dimensional) normal distribution of the controlled parameter and measurement uncertainty characterizing the supplier's risk and the risk of the customer.

The studies revealed the relationship between the probability of errors in the control and accuracy of production and recommendations for improving the quality control of products.

The results will be useful in the design process control in the manufacture of material handling machines.

Keywords: measurement error; normal distribution; the probability of error types I and II; the risk of the supplier and the customer's risk.

1. Введение

Для успешной интеграции Украины в европейский и мировой рынки, в частности, в подъемно-транспортном машиностроении, большую роль играет повышение качества. В связи с этим возникает немало проблем, связанных с технологией, организацией и другими аспектами производства.

Одним из показателей, влияющих на конкурентоспособность изделий подъемно-транспортного машиностроения, является процент брака. Поскольку цена брака переносится на качественную продукцию, то на рынке выигрывают предприятия с минимальным процентом брака. Учет, анализ, выводы и принимаемые меры по предотвращению брака предусматривают активное использование статистических методов.

Качество изделий подъемно-транспортного машиностроения напрямую зависит от качества составляющих ее деталей и узлов. На точность изготовления детали влияют многочисленные факторы. Основными источниками появления отклонений от заданных размеров и формы деталей является: неточность оборудования, приборов и режущих инструментов, их износ; неоднородность заготовки для деталей по размерам, форме, механическим свойствам; неточность базирования заготовки в приспособлении; температурные колебания; упругие деформации; погрешности при измерении и контроле и другие.

Законов рассеяния размеров деталей известно много, но наибольшее распространение получили равновероятный, треугольный и нормальный. Учитывая, что точность большинства деталей подъемно-транспортных машин соответствуют 9 качеству и грубее, остановим наше внимание на нормальном законе.

Кроме рассеяния размеров при изготовлении существует также вероятность ошибок при контроле. Измерения и контроль являются основными методами оценки нахождения параметров продукции в заданных пределах. Погрешности, возникающие при контроле, вносят определённую вероятность ошибок и могут негативно сказаться на качестве продукции. Другими словами, существует вероятность признания годных деталей бракованными и наоборот.

2. Цель работы

Целью является выявление вероятностей ошибок, возникающих при контроле, в зависимости от погрешности измерительных средств.

При этом ставятся задачи:

- определение вероятности браковки годной продукции и признания годным брака (ошибок I и II рода) при контроле продукции;
- оценить влияние погрешности измерения на указанные ошибки.

Піднімально-транспортні машини**3. Исследования и результаты**

Параметры годной продукции должны находиться в пределах

$$x_{min} < x_i < x_{max},$$

где x_i - контролируемый параметр,

x_{min}, x_{max} - предельные значения контролируемого параметра.

Если известен закон распределения значений параметра $f(x)$, то:

- вероятность годной продукции (параметр продукции находится в поле допуска)

$$P_s = \int_{x_{min}}^{x_{max}} f(x) dx ;$$

- вероятность бракованной продукции (параметр продукции находится вне поля допуска)

$$P_b = \int_0^{x_{min}} f(x) dx + \int_{x_{max}}^{\infty} f(x) dx .$$

Величины P_s и P_b являются вероятностями появления события без учёта погрешностей при измерении y_i , которые, как известно, приводят к деформированию закона распределения параметра, при этом вместо фактической величины x_i будет зарегистрирована случайная величина $(x_i + y_i)$.

По [1] погрешность средства измерения должна находиться в пределах 10 %...35 % допуска контролируемого параметра. Однако, кроме средства измерения, на результаты влияют и другие факторы. Далее под погрешностью измерение подразумеваем суммарную погрешность, которая учитывает все виды погрешностей процесса измерения.

Общепринято, что распределение погрешностей при измерениях происходит по нормальному закону.

На рисунке 1 графически показано распределение контролируемого параметра x_i и погрешности измерения y_i по нормальному закону (σ_y – среднее квадратическое отклонение суммарной погрешности измерения, $d = 6\sigma_y$ – суммарная погрешность измерения).

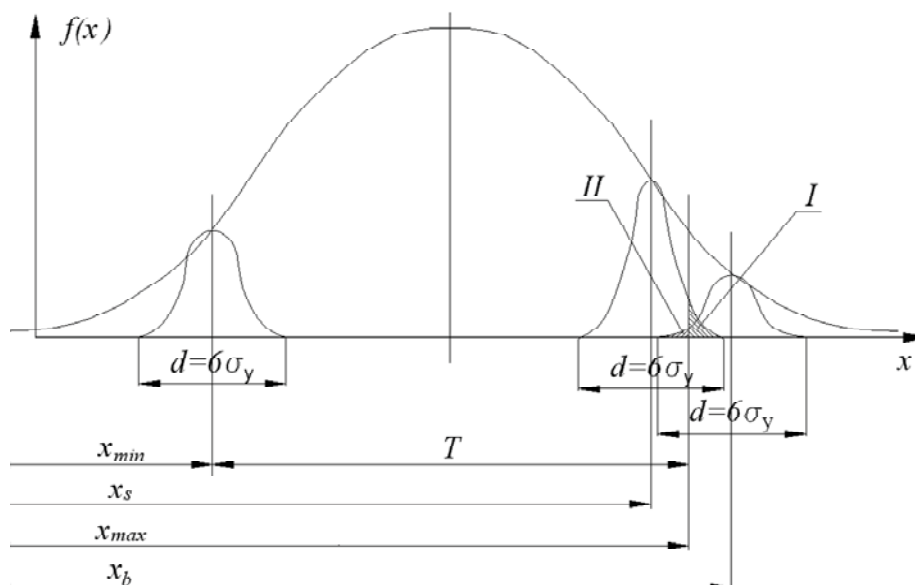


Рис. 1 – Розподілення контролююмого параметра та погрешності вимірювання

При этом возможны варианты:

- $(x_{min} + d/2) < x_i < (x_{max} - d/2)$ - параметр продукции гарантировано находится в поле допуска T (продукция годная),
- $x_i < (x_{min} - d/2)$ и $x_i > (x_{max} + d/2)$ - параметр продукции гарантировано находится вне поля допуска (продукция бракована),
- $(x_{min} - d/2) < x_i < (x_{min} + d/2)$ и $(x_{max} - d/2) < x_i < (x_{max} + d/2)$ - утверждать о нахождении параметра продукции в поле допуска, либо вне поля допуска, можно лишь с определённой вероятностью.

Таким образом, заштрихованная область I характеризует вероятность браковки годной продукции (фактическое значение параметра $x_{min} < x_s < x_{max}$), а область II – наоборот, вероятность признания годным брака (фактическое значение параметра $x_b < x_{min}$, либо $x_{max} < x_b$).

Для наглядности дадим двумерный график $f(x,y)$ нормального распределения (рисунок 2), в котором распределение контролируемого параметра $f(x)$ показано по оси абсцисс, а погрешности при измерениях $f(y)$ – по оси ординат. Предельно-допустимый параметр ограничен плоскостью 1, а вероятность браковки годной продукции и признания годным брака – плоскостью 2.

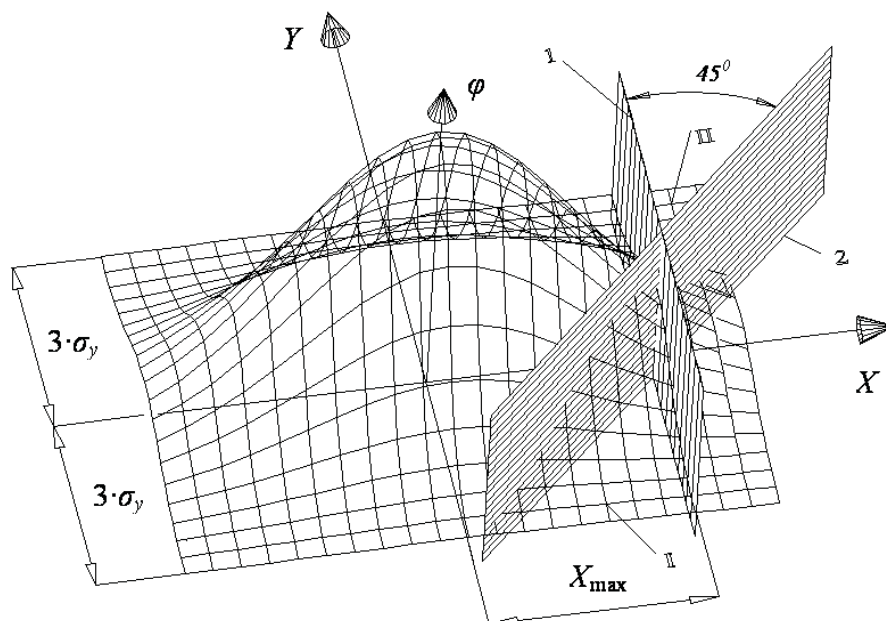


Рис. 2 – Двумерное распределение контролируемого параметра и погрешности измерения

Эти плоскости отсекают от объёма фигуры, ограниченной функцией $f(x,y)$ и плоскостью осей x,y , части I и II , которые соответствуют вероятности браковки годной продукции (ошибки I рода) и вероятности признания годным брака (ошибки II рода).

Встречаются и другие названия этих ошибок: риск поставщика и риск заказчика, ложный и необнаруженный отказ, ложная тревога и ложный отбой, ложное стирание и необнаруженная ошибка и тому подобное [2, 3].

В общем виде зависимость двумерного нормального распределения выглядит так

$$\phi(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2(1-\rho^2)} \cdot (u_x^2 - 2\rho \cdot u_x \cdot u_y + u_y^2)\right],$$

Піднімально-транспортні машини

где $u_x = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}, u_y = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y},$

\bar{x}, \bar{y} – фактическое среднее значение контролируемого параметра и отклонение от него измеренного значения,

σ_x^2, σ_y^2 – средние квадратические отклонения от фактического значения параметра при изготовлении и при измерении соответственно,

$$\rho = \frac{M_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \text{ – коэффициент корреляции,}$$

$$M_{xy} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}}{n} \text{ – статистический момент,}$$

n – количество измерений.

Введём следующие обозначения

$$z = \frac{X_{\max}}{\sigma_x}, \quad s = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}.$$

где $X_{\max} = (x_{\max} - \bar{x})$ – предельно допустимые отклонения контролируемого параметра от \bar{x} .

Перейдём к относительным координатам

$$\tilde{x} = \frac{X}{\sigma_x}, \quad \tilde{y} = \frac{Y}{\sigma_y}.$$

где $X = (x_i - \bar{x})$ – отклонение фактического значения контролируемого параметра от его среднего значения,

$Y = (y_i - \bar{y})$ – отклонение показаний средства измерения от фактического значения контролируемого параметра.

Тогда объём фигуры I, характеризующей вероятность браковки годной продукции (ошибка I рода), определится из выражения

$$F_I(s, z, \rho) = \frac{s}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \cdot \int_0^z \int_{z-\tilde{x}}^{\infty} \exp\left\{-\frac{s \cdot (\tilde{x}^2 - 2\rho \cdot \tilde{x} \cdot \tilde{y} + \tilde{y}^2)}{2 \cdot (1-\rho^2)}\right\} d\tilde{y} d\tilde{x}$$

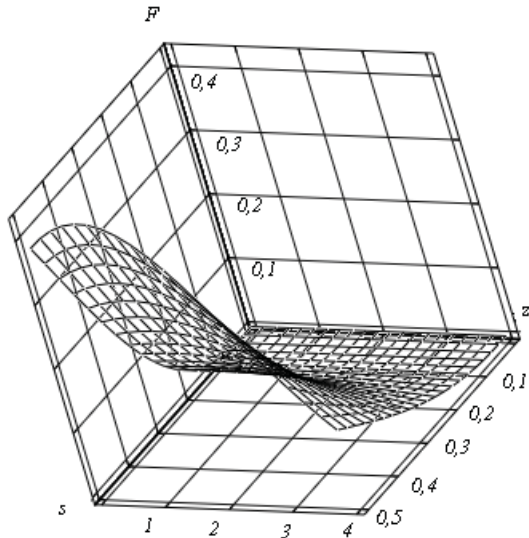
Объём фигуры II, характеризующей вероятность признания годным брака (ошибка II рода), выглядит

$$F_{II}(s, z, \rho) = \frac{s}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \cdot \int_0^{\infty} \int_z^{z-\tilde{x}} \exp\left\{-\frac{s \cdot (\tilde{x}^2 - 2\rho \cdot \tilde{x} \cdot \tilde{y} + \tilde{y}^2)}{2 \cdot (1-\rho^2)}\right\} d\tilde{y} d\tilde{x}$$

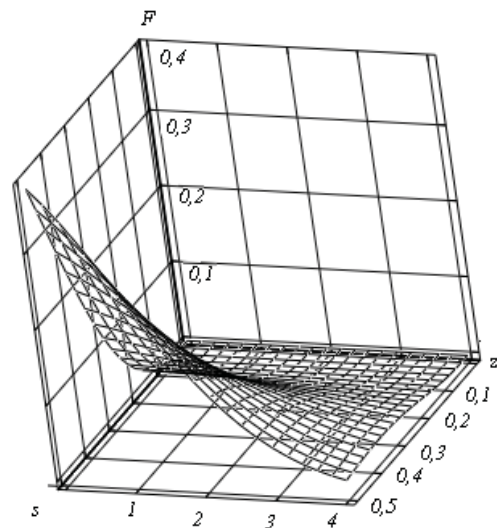
Влияние величины $z = \frac{X_{\max}}{\sigma_x}$ и отношения $s = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$ на вероятность ошибки I рода

показано на рисунке 3, а на вероятность ошибки II рода – на рисунке 4.

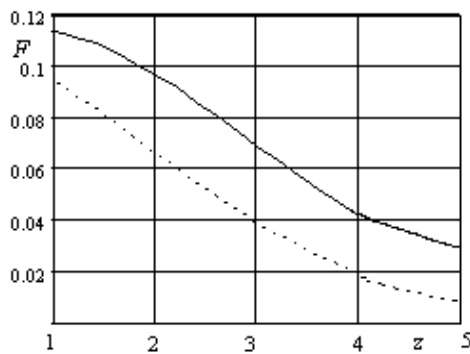
Сравнительное соотношение вероятностей ошибок I и II рода показано на рисунке 5 (относительная погрешность процесса измерения принята $s = 0,2$).

**Рис. 3** – Зависимость вероятности ошибки

$$\text{I рода от } z = \frac{X_{\max}}{\sigma_x} \text{ и } s = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

**Рис. 4** – Зависимость вероятности ошибки

$$\text{II рода от } z = \frac{X_{\max}}{\sigma_x} \text{ и } s = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

**Рис. 5** – Вероятность ошибок при $s = 0,2$: сплошная – ошибки I рода; точечная – ошибки II рода**Выводы**

В результате проведенных исследований:

- для нормального закона распределения контролируемой величины и погрешности измерения получены зависимости вероятностей ошибок I и II рода, возникающих при контроле;
- показано, что при нормальных законах распределения контролируемого параметра и погрешности измерения отношение вероятности браковки годной продукции (ошибок I рода) к вероятности признания годным брака (ошибкам II рода) всегда больше 1;
- при контроле продукции рекомендуется

делить её на три группы: гарантировано годная, гарантировано бракованная и требующая дополнительного контроля при повышенных требованиях к точности процесса измерения.

Полученные результаты могут быть полезны при проектировании технологических процессов контроля при производстве подъемно-транспортных машин.

Список использованных источников:

1. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм: ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76). – Офиц. изд. – Взамен ГОСТ 8.051-73 ; введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 10 с. : ил. – (Государственная система обеспечения единства измерений).
2. Сергеев А. Г. Метрология: учеб. пособие для вузов / А. Г. Сергеев, В. В. Крохин. – М. : Логос, 2001. – 408 с.
3. Сергеев А. Г. Сертификация: учеб. пособие для вузов / А. Г. Сергеев, М. В. Латышев. – М.: Логос, 2000. – 248 с.

References

1. Gosudarstvennaya sistema obespecheniya edinstva izmereniy, 1987, *Pogreshnosti, dopuskaemye pri izmerenii lineynykh razmerov do 500 mm*, GOST 8.051-81 (ST SEV 303-76), Izdatelstvo standartov, Moskva.
2. Sergeev, A & Krokhin, V 2001, *Metrologiya*: Izdatelskaya korporatsiya “Logos”, Moskva.
3. Sergeev, A & Latyshev, M 2000, *Sertifikatsiya*, Izdatelskaya korporatsiya “Logos”, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 10 листопада 2014 р.