

УДК 621.002:658.56

**УПРАВЛЕНИЕ ТОЧНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
КАК ФАКТОР ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА**

©Ламнауэр Н. Ю.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Ламнауер Наталія Юрїївна: ORCID: 0000-0002-6779-8761; lamnaouernatali@mail.ru; кандидат технічних наук; докторант кафедри металоріжучого обладання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Рассмотрены вопросы управления качеством в технологических процессах обработки деталей машин. А, именно, такой параметр как точность линейного размера, который является одним из важнейших показателей качества.

В процессе исследований использован теоретический аппарат теории вероятности и математической статистики. Показано, что использование общей четырехпараметрической модели распределения случайной величины – линейного размера и найденные оценки ее параметров позволяют получить формулы вероятности брака.

Получены расчетные формулы вероятности исправимого и неисправимого брака и формула расчета стоимости качественного изделия с учетом вероятности брака.

Эти результаты позволяют прогнозировать качество по параметру точности линейного размера и оценивать эффективность технологического процесса.

Ключевые слова: управление; качество; точность; линейный размер; деталь машины.

Ламнауер Н.Ю. «Управління точністю обробки деталей машин як фактор ефективності виробництва».

Розглянуто питання управління якістю в технологічних процесах обробки деталей машин. А, саме, такий параметр як точність лінійного розміру, що є одним з важливих показників якості.

В процесі досліджень використано теоретичний апарат теорії ймовірності та математичної статистики. Показано, що використання загальної чотирьохпараметричної моделі розподілу випадкової величини – лінійного розміру та знайдені оцінки її параметрів дозволяють отримати формули ймовірності браку.

Отримано розрахункові формули ймовірності браку, що є виправленим та не виправленим та одержано формулу розрахунку вартості якісного виробу з урахуванням ймовірності браку.

Ці результати дозволяють прогнозувати якість за параметром точності лінійного розміру та оцінювати ефективність технологічного процесу.

Ключові слова: управління; якість; точність; лінійний розмір; деталь машини.

Lamnauer N. “Control of precision machinery parts processing as a factor of production efficiency”.

Quality management in the technological processing machinery parts considered. Namely, the dimensional accuracy parameter investigated, which is one of the most important indicators of quality.

Theoretical apparatus of the theory probability and statistics used in the research process. General four-parameter model of the distribution of the random variable – linear size, proposed to use; estimates of the model parameters allow obtaining the formula of probability of defects.

The calculation formulas of probability of corrigible and not corrigible defects obtained. The formula for calculating the value of quality product received. This formula considers corrigible and not corrigible defects.

Results allow us to predict the quality of the liner size parameter dimensional accuracy and evaluate the effectiveness of the process.

Keywords: management; quality; precision; linear dimension; machine parts.

1. Постановка проблемы и ее связь с важными научными и практическими заданиями

В условиях конкуренции для производителей машиностроительной продукции важным источником эффективности производства является постоянное повышение качества выпускаемой продукции. Качество продукции машиностроения – многогранное понятие, включающее в себя множество показателей, одним из которых является точность размеров. Поэтому задача нахождения методов управления точностью для достижения высокого уровня качества продукции является актуальной в современных условиях. Необходимо отметить, что качество также является экономической категорией. В процессе обработки изделий может возникать как устранимый, так и неустраиваемый брак, который влияет на себестоимость качественного изделия. Поэтому управление точностью обработки с одновременным решением вопросов стоимости качественных изделий может стать рычагом повышения эффективности производства.

2. Анализ последних исследований и публикаций

В последние годы вопросам управления качеством продукции уделяется большое внимание [1]. При построении системы управления качеством ставится задача объединения всех управленческих функций. Деятельность по управлению качеством должна осуществляться в ходе производства продукции, а также предшествовать ее производству [2]. Это значит, что задачи прогнозирования качества, как инструмента управления качеством, выходят на первый план. В [3] предлагается комплексный подход к решению задач управления качеством изделий машиностроения, теоретической основой которого служат теория вероятности и математическая статистика.

Точность обработки деталей зависит от точности станка. Естественно, что чем выше его точность, тем меньше погрешности изготовления детали. Следует отметить, что какие бы не были совершенные станки или механизмы, всё равно в процессе изготовления деталей будут возникать те или иные погрешности обработки. Избежать таких погрешностей практически нельзя. При финишных операциях, где в основном высокая точность изготовления детали эти погрешности выходят за допуск, и тем самым образуется брак, который влияет на себестоимость детали.

Прогнозирование точности обработки изделия по линейному размеру с одновременным количеством устранимого и неустраиваемого брака, который в последствии влияет на себестоимость качественного изделия невозможно без применения вероятностно-статистических моделей. Для этого необходимо знать закон распределения линейных размеров и иметь достаточно хорошие для него оценки.

3. Модель распределения случайной величины линейного размера и оценки ее параметров

Для решения вопросов, связанных с прогнозированием устранимого и неустраняемого брака воспользуемся моделью распределения случайной величины линейного размера детали [4]. Функция плотности распределения случайной величины X имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \notin (b, c), \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right], & x \in [b, a], \\ \frac{1+k}{c-b} \left[1 - \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right], & x \in (a, c], \end{cases} \quad (1)$$

где a – модальное значение размера, b – нижняя его граница, c – верхняя граница размера, k – параметр формы.

В [5] были найдены оценки параметров модели с использованием порядковых статистик. Оценки параметров k, q находятся из решения системы:

$$\begin{cases} R1 = 4(2 + 2q^2 + 9k + 9kq^2 + 13k^2 + 13k^2q^2 + 14k^2q + 18kq + 4q)^2(k + 1) / (3(7k^2 + 2k^2q + 7k^2q^2 + 4k + 4kq^2 + 8kq + 1 + 2q + q^2)(1 + q)^2(2 + 3k)^2(1 + 3k)); \\ R2 = (2 + 2q^2 + 9k + 9kq^2 + 13k^2 + 13k^2q^2 + 14k^2q + 18kq + 4q)(11k + 2 + 11kq^2 + 2q^2 + 22k^2 + 22k^2q^2 + 13k^3 + 13k^3q^2 + 22kq + 32k^2q + 14k^3q + 4q) / (3(7k^2 + 2k^2q + 7k^2q^2 + 4k + 4kq^2 + 8kq + 1 + 2q + q^2)(1 + q)^2(2 + 3k)^2(1 + 3k)), \end{cases} \quad (2)$$

где $R1 = (\tilde{\mu}_{2:2} - \tilde{\mu}_{1:2})^2 / S^2(X)$ и $R2 = (\bar{x} - \tilde{\mu}_{1:2})^2 / S^2(X)$, при этом оценки $\tilde{\mu}_{1:2}, \tilde{\mu}_{2:2}$ – математические ожидания порядковых статистик выборки объема два берутся из выражений

$$\tilde{\mu}_{1:2} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=0}^{n-2} (n-1-i)x_{(i+1)}, \quad \tilde{\mu}_{2:2} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=0}^{n-2} (1+i)x_{(i+2)}, \quad \text{а } \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$
 – выборочное среднее и

$$S^2(X) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$
 – исправленная выборочная дисперсия

Оценки параметров b и c определяются по найденным k и q из решения системы:

$$\begin{cases} \bar{x} = \frac{3kb + kbq + b + bq + 3kqc + kc + c + qc}{2(1+q)(2k+1)}, \\ S^2(X) = \frac{(c-b)^2 (k+1)(2k^2q + 7k^2 + 7k^2q^2 + (4k+1)(q+1)^2)}{12(2k+1)^2(1+q)^2(3k+1)} \end{cases} \quad (3)$$

4. Оценка вероятности брака и стоимости качественного изделия

Если линейные размеры всех обработанных деталей лежат в поле допуска, то очевидно, что все эти детали не бракованы и на стоимость качественного изделия брак не влияет. Оценка стоимости детали должна осуществляться по небольшому ограниченному числу испытаний. Поэтому мы должны дать прогноз по ограниченному числу наблюдений, в каких интервалах находится данный линейный размер. Проведенные исследования позволяют решать данную задачу. Поле допуска T размера детали равно разнице верхнего ei и нижнего es отклонений: $T = es - ei$.

Полученная разница $c_i - b_i$ оценок параметров модели (1) есть оценка поля рассеивания размеров изделий, а сами оценки b_i и c_i определяют место расположения относительно значений ei и es . На рис. 1. показаны расположения оценок b_i и c_i .

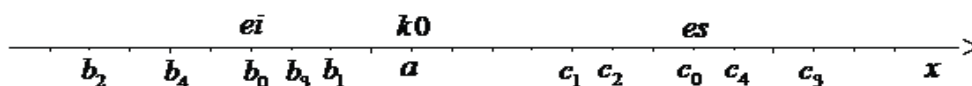


Рис. 1 – Расположение оценок b_i и c_i модели (1)

Если $ei = b_0$ и $es = c_0$, то имеем идеальный случай изготовления изделий. Интервал $(b_1; c_1)$ свидетельствует о том, что брака нет. Оценки b_2 и c_2 свидетельствуют о том, что есть неустранимый брак, вероятность которого определяется по формуле:

$$P(b_2 < x \leq ei) = ei - b_2 + k(ei - a) \left[1 - \left(\frac{ei - a}{b_2 - a} \right)^{\frac{1}{k}} \right]. \quad (4)$$

Оценки b_3 и c_3 дают устранимый брак, вероятность которого определяется по формуле:

$$P(es < x \leq c_3) = c_3 - es - k(es - a) \left[1 - \left(\frac{es - a}{c_3 - a} \right)^{\frac{1}{k}} \right]. \quad (5)$$

Остался открытым вопрос: как оценить стоимость качественного изделия. Очевидно, если оценки параметра c_i выходят за верхний допуск es , то существует брак, который можно устранить с помощью дополнительной обработки, требующей дополнительных затрат на одну деталь C_1 при данной технологии изготовления. Если же оценка параметра b_i меньше нижней границы допуска, то уже практически существует неустранимый брак и цена этих потерь на одну деталь C_2 достаточно велика. Итак, себестоимость одной детали с учетом прогнозируемого брака может быть выражена в виде:

$$Ц = C_1 p_1 + C_2 p_2 + C_3, \quad (6)$$

где C_3 – себестоимость изготовления небракованной детали, p_1 – вероятность выхода размера за верхний допуск, определяемая из (5), p_2 – вероятность выхода размера за нижний допуск, определяемая из (4).

Выводы

Использование общей модели распределения случайных величин линейного размера и полученные оценки параметров - верхней и нижней границ размера, позволяет получить формулы для расчета вероятности устранимого и неустраняемого брака.

Применяя формулы вероятности оценки брака для общей модели распределения величин размеров, получена формула для определения стоимости качественного изделия. Это позволит прогнозировать показатели эффективности технологии, что, в конечном итоге, влияет на эффективность производства.

Список использованных источников:

1. Гиссин В. И. Управление качеством / В. И. Гиссин. – 2-е изд. – М. : МарТ, 2003. – 400 с.
2. Фадеев А. В. Анализ потенциальных дефектов – инструмент управления качеством в производстве / А. В. Фадеев // *Високі технології в машинобудуванні*: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «ХПІ». – Харків, 2013. – № 1(23). – С. 215–219.
3. Управление качеством в машиностроении / Ю. И. Осипов, А. А. Ершов, А. Ю. Осипов, Н. А. Быстрова, Б. А. Кушунин, В. П. Клочков. – М. : Наука, 2009. – 400 с.
4. Ламнауэр Н. Ю. Модель распределения размеров изделий и ее применение для оценки точности обработки / Н. Ю. Ламнауэр // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2012. – № 27, темат. вип.: «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – С. 98–107.
5. Ламнауэр Н. Ю. Загальна модель розподілу лінійних розмірів деталей та її застосування для поліпшення якості виробів / Н. Ю. Ламнауэр // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків, 2013. – № 54, темат. вип.: «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – С. 134–143.

References

1. Gissin, V 2003, *Upravlenie kachestvom*, 2nd edn, “MarT”, Moskva.
2. Fadeev, A 2013, ‘Analiz potentsialnykh defektov – instrument upravleniya kachestvom v proizvodstve’, *Vysoki tekhnologii v mashynobuduvanni*, no. 1(23), pp. 215-219.
3. Osipov, Yu, Ershov, A, Osipov, A, Bystrova, N, Kushunin, B & Klochkov, V 2009, *Upravlenie kachestvom v mashinostroenii*, Nauka, Moskva.
4. Lamnauer, N 2012, ‘Model raspredeleniya razmerov izdeliy i ee primenenie dlya otsenki tochnosti obrabotki’, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu “KhPI”*, no. 27, pp. 98-107.
5. Lamnauer, N 2013, ‘Zahalna model rozpodilu liniinykh rozmiriv detalei ta yii zastosuvannia dlia polipshennia yakosti vyrobiv’, *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu “KhPI”*, no. 54, pp. 134-143.

Стаття надійшла до редакції 10 листопада 2014 р.