

УДК 62-50

**КОНТРОЛЬ И СТАТИСТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

©Ламнауэр Н. Ю., Тарасюк А. П.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про авторів:

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.

Тарасюк Анатолій Петрович: ORCID: 0000-0001-8953-8074; tarasyuk-2009@mail.ru; доктор технічних наук; професор кафедри металоріжучого обладання і транспортних систем; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Рассмотрены вопросы контроля и диагностики качества технологического процесса обработки деталей по параметру точности линейного размера.

В процессе исследований использован теоретический аппарат теории вероятностей и математической статистики. Показано, что на основе использования общей четырехпараметрической модели распределения случайной величины – линейного размера и ее функции распределения, а также найденных оценок ее параметров, можно предложить метод построения карты контроля точности.

Получены расчетные формулы для определения нижней и верхней контрольных границ регулирования точности размера при определенном уровне приближения к пороговым значениям.

Эти результаты позволяют диагностировать и контролировать качество технологического процесса по параметру точности линейного размера.

Ключевые слова: контроль; регулирование; диагностика; качество; точность; линейный размер; технологический процесс.

Ламнауер Н. Ю., Тарасюк А. П. «Контроль та статистичне регулювання точності технологічного процесу».

Розглянуто питання контролю та діагностики якості технологічного процесу обробки деталей за параметром точності лінійного розміру.

В процесі досліджень використано теоретичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Показано, що на основі використання загальної чотирьохпараметричної моделі розподілу випадкової величини – лінійного розміру та її функції розподілу, а також знайдених оцінок її параметрів можна запропонувати метод побудови карти контролю точності.

Отримано розрахункові формули для визначення нижньої та верхньої контрольних границь регулювання точності розміру при визначеному рівні наближення до порогових значень.

Ці результати дозволяють діагностувати та контролювати якість технологічного процесу за параметром точності лінійного розміру.

Ключові слова: контроль; регулювання; діагностика; якість; точність; лінійний розмір; технологічний процес.

Lamnauer N., Tarasyuk A. “Control and statistical regulation of engineering process”.

Monitoring and diagnosis of engineering process quality, the accuracy of the linear size are considered.

Theoretical apparatus of the theory probability and statistics are used in the research process. The method of build cards accuracy control through the use model of the distribution of the random variable – linear size, and distribution function, as well as estimates of parameters offered.

Formulas for calculating upper and lower control limits of the accuracy of sizes obtained.

These results allow us to diagnose and monitor the quality of the engineering process, the accuracy of the linear size.

Keywords: control; regulation; diagnostics; quality; accuracy; line size; engineering process.

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

Выпуск качественной продукции является важным заданием для всех машиностроительных предприятий. На современном промышленном предприятии важным элементом управления качеством являются математико-статистические методы исследований, которые являются особенно пригодными для практического применения в области контроля качества. С точки зрения применения различают два основных вида статистического контроля качества: статистическое регулирование качества, то есть техника контрольных карт, что означает текущий контроль производственного процесса методами математической статистики, и математико-статистические выборочные методы, которые применяются, в основном, при приемочном контроле, пооперационном и заключительном на предприятии с целью проверки готовых изделий. Таким образом, с помощью статистического регулирования качества можно предупреждать брак и непосредственно вмешиваться в процесс изготовления изделий.

2. Анализ последних исследований и публикаций

В последние годы вопросам статистического регулирования качества продукции уделяется большое внимание. Важным техническим вспомогательным средством статистического регулирования качества является контрольная карта, которая позволяет наглядно отобразить ход производственного процесса на диаграмме и выявить нарушение технологии [1]. В [2] для известных законов распределения [3] предлагалось использовать индикатором качества изделий по точности изготовления то значение размера, которое наиболее удалено от заданного. Полученные результаты по распределению наиболее удалённого абсолютного значения от среднего значения и их числовые характеристики позволили предложить одинарную карту контроля качества [2]. Полученная в [4, 5] четырехпараметрическая модель плотности распределения и функция распределения дает возможность продолжить исследования в области статистического регулирования технологического процесса и построения карты контроля параметра точности линейного размера.

Технологія машинобудування**3. Контрольная карта для статистического регулирования качества по параметру точности линейного размера**

В [4] была получена общая модель (1) распределения случайной величины X – размера изделий. Для модели (1) в [4] определена функция распределения (2) случайной величины X , позволяющая определить вероятность попадания размера изделия X – $P(x_1; x_2)$ в любой заданный интервал $(x_1; x_2)$: $P(x_1; x_2) = F(x_2) - F(x_1)$.

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

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

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq b, \\ \left\{ x - b + k(x - a) \left[1 - \left(\frac{x-a}{b-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \right\} / (c-b) & \text{при } b < x \leq a, \\ \left\{ x - b + k(x - a) \left[1 - \left(\frac{x-a}{c-a} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \right\} / (c-b) & \text{при } a < x \leq c, \\ 1 & \text{при } x > c, \end{cases} \quad (2)$$

Если заданы верхняя граница поля допуска ВГД и нижняя граница поля допуска НГД, то по предложенным в [5] оценкам параметров b и c по малой выборке объёма $n \geq 5$ можно определить, принадлежат ли эти оценки интервалу (НГД; ВГД). Если эти оценки принадлежат интервалу (НГД; ВГД), то можно сказать, что данные размеры изделия находятся в поле допуска. Если хотя бы одна оценка этих параметров не принадлежит интервалу (НГД; ВГД), то размеры изделия не находятся в поле допуска. Оценка параметра a – определяется как мода случайной величины размера изделия – X . При правильной настройке станка большинство размеров изделий должно быть близкими к номинальному размеру. Отличие оценки параметра a от номинального размера говорит о том, что станок настроен неправильно или произошло во времени t его изменение в наладке.

На основании полученных результатов для общей модели размеров (1) предлагается метод определения нижней (LCL) и верхней (UCL) контрольных границ (границ регулирования).

Пусть имеется значение x_1 случайной величины X размера изделия, где $x_1 \in (b; c)$ и $x_1 < a$, и величина d , связанная со значением x_1 и со значением x_2 разностью $d = x_2 - x_1$, где $x_2 \in (b; c)$ и $x_2 > a$. Найдём сумму вероятностей попадания случайных величин в интервалы $(b; x_1)$ и $(x_2; c)$.

Имеем:

$$\Delta(x_1) = P(b; x_1) + P(x_2; c) = P(b; x_1) + P(x_1 + d; c) = \\ = \left(c - b - d - kd + k(a - x_1) \left(\frac{a - x_1}{a - b} \right)^{\frac{1}{k}} + k(d + x_1 - a) \left(\frac{x_1 + d - a}{c - a} \right)^{\frac{1}{k}} \right) / (c - b)$$

Функция $\Delta(x_1)$ имеет минимум при $x_1 = (db + a(c - b - d)) / (c - b)$. (3)

Значит и в точке x_2 , связанной с x_1 через величину d , будет минимум.

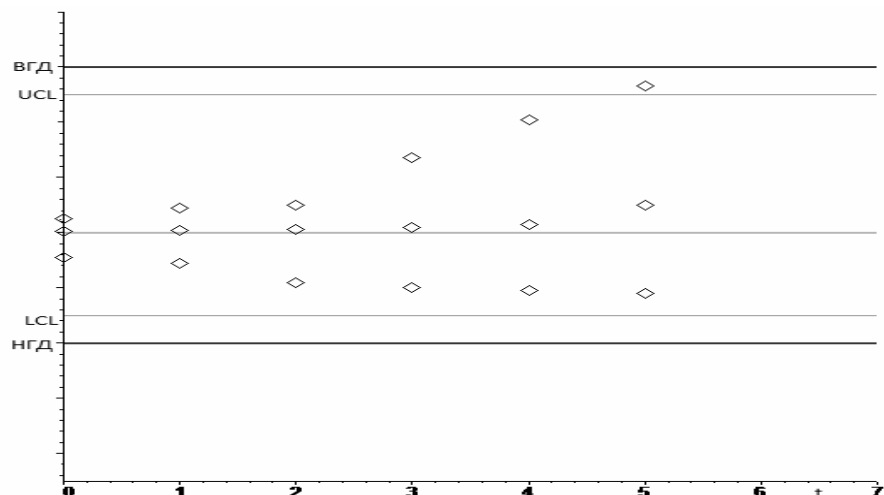
$$x_2 = (dc + a(c - b - d)) / (c - b) \quad (4)$$

Из формул (3) и (4) следует, что значения x_2 и x_1 не зависят от параметра формы k модели (1). Минимальное значение функции $\Delta(x_1)$ имеет вид:

$$\Delta(\min x_1) = \left(c - b - d - kd + kd \left(\frac{d}{c - b} \right)^{\frac{1}{k}} \right) / (c - b) \quad (5)$$

Величину d находим, определяя уровень приближения к пороговым значениям $\varepsilon = \Delta(\min x_1)$ и решая уравнение (5) при найденных оценках параметров a, b, c и k . Значение величины d позволяет определить по формулам (3) и (4) нижнюю x_1 и верхнюю x_2 контрольные границы регулирования при найденных a, b, c и k .

Полученные результаты из работ [4, 5] позволяют по малой выборке объёма $n \geq 5$ оценить все параметры модели (1). Поэтому, для построения карты контроля количественного признака размера изделия предлагается первоначально произвести 5 измерений размеров изделия, и по формулам из [5] найти оценки параметров a, b, c и k . Если оценки параметров b и c не близки, соответственно, к нижней границе поля допуска НГД и к верхней границе поля допуска ВГД, то дополнительно к этим результатам проводим ещё 5 измерений, и оцениваем уже по 10 измерениям параметры b и c . Если опять эти оценки не близки к НГД и ВГД, то проделываем ещё 5 измерений и так далее, до тех пор, пока хотя бы одна оценка будет близка к нижней или к верхней границе поля допуска. Затем по полученным оценкам параметров a, b, c и k , а также заданным уровням приближения к пороговым значениям ε , которые принимаются обычно через 0,01, 0,05 или 0,1, рассчитываются нижняя (LCL) и верхняя (UCL) контрольные границы регулирования. Имея эти границы, строится контрольная карта технологической точности. Применение контрольной карты показано на рисунке 1.

Технологія машинобудування**Рис. 1** – Контрольная карта по измеряемому признаку**Выводы**

Использование общей модели плотности распределения случайных величин линейного размера и функции распределения, а также оценок ее параметров, позволило получить формулы для определения нижней и верхней контрольных границ регулирования точности размера при определенном уровне приближения к пороговым значениям. Полученные результаты позволили предложить контрольную карту технологической точности.

Список использованных источников:

1. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества / Р. Шторм [пер. с нем. Н. Н. и М. Г. Федоровы]; под ред. Н. С. Райбмана. – М. : Мир, 1970. – 368 с.
2. Ламнауэр Н. Ю. Контрольная карта для различных квалитетов точности / Н. Ю. Ламнауэр // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2011. – № 3/7(51). – С. 23–26.
3. Маталин А. А. Технология машиностроения: учеб. для машиностроит. вузов по спец. «Технология, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
4. Ламнауэр Н. Ю. Модель распределения размеров изделий и ее применение для оценки точности обработки / Н. Ю. Ламнауэр // *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»* : зб. наук. пр. / НТУ «ХП». – 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 «Харківський політехнічний інститут»*: зб. наук. пр. / НТУ «ХП». – Харків, 2013. – № 54, темат. вип. «Математичне моделювання в техніці та технологіях». – С. 134–143.

References

1. Shtorm, R 1970, *Teoriya veroyatnostey. Matematicheskaya statistika. Statisticheskyy kontrol kachestva*, Mir, Moskva.
2. Lamnauer, N 2011, 'Kontrolnaya karta dlya razlichnykh kвалитетов tochnosti', *Eastern-european journal of enterprise technologies*, no. 3/7 (51), pp. 23–26.
3. Matalin, A 1985, *Tekhnologiya mashinostroyeniya*, Mashinostroyeniye, Leningrad.
4. Lamnauer, N 2012, 'Model raspredeleniya razmerov izdeliy i yeye primeneniye dlya otsenki tochnosti obrabotki', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut»*. *Zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Matematychno modeliuвання v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, no. 27, pp. 98-107.
5. Lamnauer, N 2013, 'Zahalna model rozpodilu liniinykh rozmiriv detalei ta ii zastosuvannya dlia polipshennia yakosti vyrobiv', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «Kharkivskiy politekhnichnyi instytut»*. *Zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Matematychno modeliuвання v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, no. 54, pp. 134-143.

Стаття надійшла до редакції 19 травня 2015 р.