

DOI 10.32820/2079-1747-2018-22-114-120

УДК 621.91

**ПРИНЦИП ПОБУДОВИ ЄДИНОЇ КАРТИ КОНТРОЛЯ ЗА ТОЧНІСТЮ
РОЗМІРІВ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ**

© Ламнауер Н. Ю.

*Українська інженерно-педагогічна академія***Інформація про автора:**

Ламнауер Наталія Юріївна: ORCID: 0000-0002-6779-8761; lamnaouernatali@gmail.com; доктор технічних наук; доцент кафедри охорони праці, стандартизації та сертифікації; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Розглянуті питання створення інструменту контролю якості виготовлення деталей за точністю розмірів з метою попередження появи браку.

В результаті досліджень використано теоретичний апарат теорії ймовірностей та математичної статистики. Використання запропонованої загальної моделі розподілу лінійних розмірів деталей та знайдених оцінок її параметрів дозволяють знайти математичне очікування та дисперсію найбільшого вибіркового абсолютного відхилення від номінального розміру. На базі отриманих розрахунків будується карта контролю, що дозволяє визначити найбільшу величину, при якій необхідно провести зупинку в виготовленні виробів, не виходячи за границі поля допуску. Використання запропонованих результатів дає можливість визначити періодичність втручання в технологічний процес, де розкид лінійних розмірів з часом збільшується, а похибка в оцінці границь з кількістю виготовляємих виробів зменшується. Отримані результати дозволяють управляти точністю виготовлення деталей машин при їх механічній обробці.

Ключові слова: якість, точність, лінійний розмір, деталі машин, контроль.

Ламнауэр Н.Ю. «Принцип построения единой карты контроля по точности размеров изделий машиностроения»

Рассмотрены вопросы создания инструмента контроля качества изготовления деталей с точностью размеров с целью предупреждения появления брака.

В результате исследований использованы теоретический аппарат теории вероятностей и математической статистики. Использование предложенной общей модели распределения линейных размеров деталей и найденных оценок ее параметров позволяют найти математическое ожидание и дисперсию наибольшего выборочного абсолютного отклонения от номинального размера. На базе полученных расчетов строится карта контроля, позволяет определить наибольшую величину, при которой необходимо провести остановку в изготовлении изделий, не выходя за пределы поля допуска. Использование предложенных результатов дает возможность определить периодичность вмешательства в технологический процесс, где разброс линейных размеров со временем увеличивается, а погрешность в оценке границ с количеством изготавливаемых изделий уменьшается. Полученные результаты позволяют управлять точностью изготовления деталей машин при их механической обработке.

Ключевые слова: качество, точность, линейный размер, детали машин, контроль.

Lamnauer N. «The principle of building a unified control card for the dimensional accuracy of engineering products».

The issues of creating a tool for quality control of manufacturing parts with dimensional accuracy in order to prevent the appearance of defects are considered.

As a result of research, the theoretical apparatus of probability theory and mathematical statistics was used. Using the proposed general model of the distribution of linear dimensions of parts and found estimates of its parameters allows us to find the mathematics expectation and variance of the largest absolute deviation of size from the nominal size. On the basis of the obtained calculations, a control card is constructed; it allows one to determine the largest value at which it is necessary to stop production of products without going outside the tolerance field. The use of the proposed results makes it possible to determine the frequency of intervention in the process, where the spread of linear dimensions increases with time and the error in estimating boundaries with the number of manufactured products decreases. The results obtained make it possible to control the accuracy of manufacturing machine parts during their machining.

Keywords: quality, accuracy, linear size, machine details, control.

1. Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими і практичними завданнями

Розвиток економіки країни не можливий без промислового виробництва. В умовах конкуренції на ринку на перший план виходить якість продукції, яка в свою чергу збільшує витрати. Задачею виробників стає створення продукції максимально можливої якості, що може забезпечити існуюча технологія. Забезпечення високої якості виготовлення деталей за параметром точності розмірів дає можливість збільшувати довговічність і надійність машин.

На сучасному промисловому підприємстві важливим елементом управління якістю є її контроль, який не тільки констатує факт появи браку, але й сприяє його запобіганню. Питання попередження браку успішно вирішуються за допомогою ймовірно-статистичних методів управління якістю. Таким чином, створення нових принципів побудови карт контролю, що базуються на цих методах є актуальною задачею.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема забезпечення якості на основі її менеджменту з використанням статистичних методів актуальна та вирішується закордонними авторами. Так, в [1], пропонується використання статистичного контролю за короткотерміновими процесами в металургії.

В [2] запропонований підхід до побудови карти контролю якості виробів для трьох відомих законів розподілів (нормального, рівномірного та Сімпсона), що використовуються для різних квалітетів точності виготовлення деталей машин. Однак, запропонована в [3, 4] загальна модель розподілу лінійних розмірів деталей та знайдені оцінки її параметрів дозволять запропонувати принцип побудови єдиної карти контролю, що може застосовуватися для будь-яких квалітетів точності.

3. Аналітичні вирази визначення значень для побудови єдиної карти контролю

Знайдемо формули, використання яких дозволить провести побудови карти для загальної моделі [3]. Для моделі [2] функцію щільності $f(x)$ для випадкових величин розміру X виробів пропонується визначати у вигляді

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

де a - модальне значення, b - нижня межа та c - верхня межа розміру, k - параметр форми розмірів, а функцію розподілу випадкової величини X

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

Якщо випадкова величина розміру X має функцію щільності $f(x)$, то розподіл величини, найбільш віддаленої від номінального розміру a , є розподіл останньої порядкової статистики модуля випадкової величини $Z = |X - a|$ вибірки об'єму r . Функція її щільності розподілу має вигляд [5]

$$g(z_{(r)}) = r[\psi(z)]^{r-1}\varphi(z), \quad (3)$$

де $\varphi(z)$ - щільність розподілу випадкової величини Z , а $\psi(z)$ - функція розподілу.

Знайдемо розподіл останньої порядкової статистики модуля випадкової величини $Z = |X - a|$ вибірки об'єму r , де a є модою розподілу (1). Тоді, щільність розподілу $Z = |X - a|$ цієї випадкової величини має вигляд

$$\varphi(z) = \begin{cases} 0, & z < 0; \\ \frac{2z(1+k) - kz \left[\left(\frac{z}{a-b} \right)^{1/k} + \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k} \right]}{c-b}, & 0 \leq z < a-b; \\ \frac{(z+b-a)(1+k) + k(a-b) \left(\frac{a-b}{c-a} \right)^{1/k} + kz \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k}}{c-b}, & a-b \leq z < c-a; \\ 1, & z \geq c-a, \end{cases} \quad (4)$$

якщо $a < \frac{c+b}{2}$, а при $a > \frac{c+b}{2}$

$$\varphi(z) = \begin{cases} 0, & z < 0; \\ \frac{(1+k) \left(2 - \left(\frac{z}{a-b} \right)^{1/k} - \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k} \right)}{c-b}, & 0 \leq z < c-a; \\ \frac{(1+k) \left(1 - \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k} \right)}{c-b}, & c-a \leq z < a-b; \\ 0, & z \geq c-a. \end{cases} \quad (5)$$

На рис. 1 та рис. 2 подано графіки щільності розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ при різних значеннях моди a розподілу загальної моделі розміру (1). Із рисунків 1 та 2 видно, що щільність розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ із загальної моделі розподілу розміру (1) є спадною опуклою донизу функцією при параметрі форми $k > 1$ та $k < -1$. Для значень параметрів $0 < k < 1$ ця функція спадна та опукла догори.

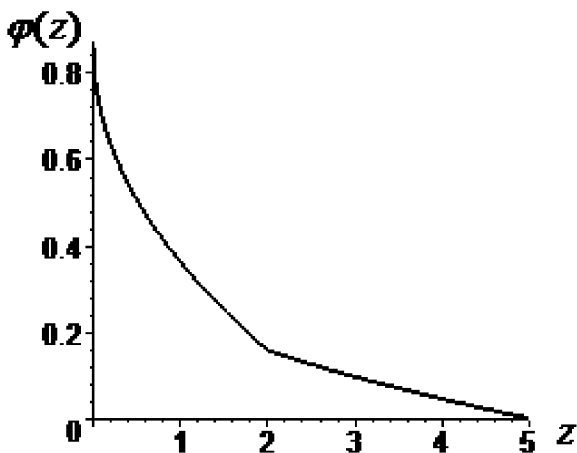


Рис. 1 - Щільність розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ із загальної моделі розподілу розміру (1) з параметрами $b=1$, $a=3$, $c=8$ та $k=2$

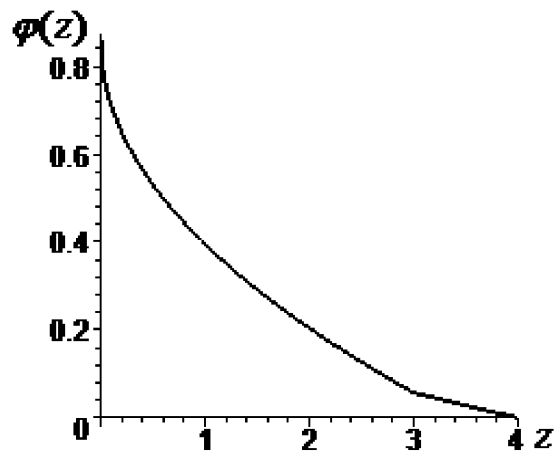


Рис. 2 - Щільність розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ із загальної моделі розподілу розміру (1) з параметрами $b=1$, $a=5$, $c=8$ та $k=2$

Функція розподілу абсолютного відхилення випадкової величини $Z = |X - a|$ загальної моделі розміру виробу (1) з модою a має вигляд

$$\psi(z) = \begin{cases} 0, & z < 0; \\ \frac{2z(1+k) + kz \left[\left(\frac{z}{a-b} \right)^{1/k} + \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k} \right]}{c-b}, & 0 \leq z < a-b; \\ \frac{a-b + z(1+k) + k(a-c) \left(\frac{z}{c-a} \right)^{1/k}}{c-b}, & a-b \leq z < c-a; \\ 1, & z \geq c-a \end{cases} \quad (6)$$

при $a < \frac{c+b}{2}$, а при $a > \frac{c+b}{2}$ ця функція має вигляд (6).

Функції $\varphi(z)$ та $\psi(z)$ мають однаковий вираз як для $\varphi(z)$, так і для $\psi(z)$, відмінність існує тільки в межах зміни z . Як видно із рис. 3 та 4 наявність відмінності моди a при всіх однакових інших параметрах призводить до різних функцій.

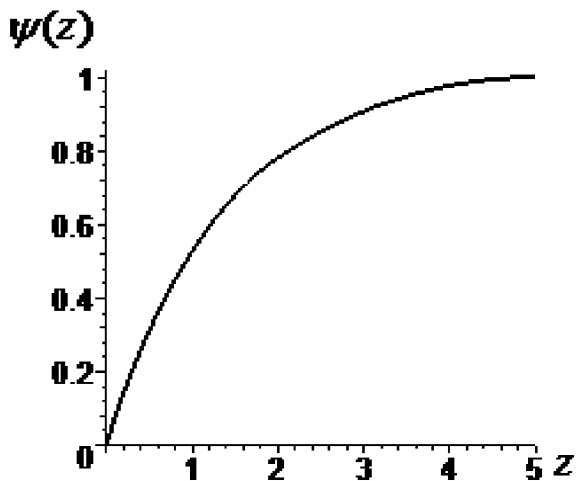


Рис. 3 - Функція розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ із загальної моделі розподілу розміру (1) з параметрами $b = 1$, $a = 3$, $c = 8$ та $k = 2$

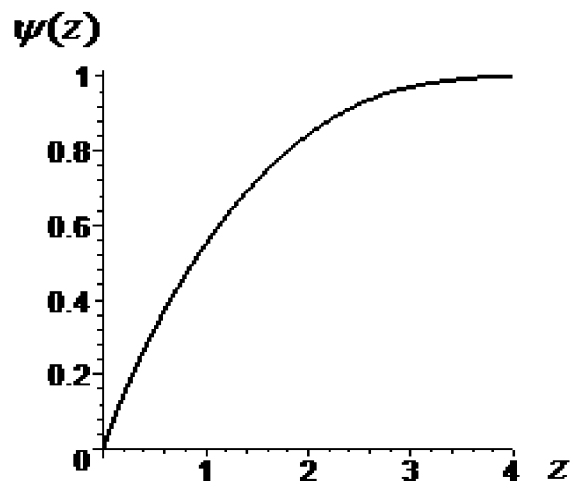


Рис. 4 - Функція розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ із загальної моделі розподілу розміру (1) з параметрами $b = 1$, $a = 5$, $c = 8$ та $k = 2$

Застосовуючи формулу (3), знаходять функцію щільності розподілу випадкової величини $Z = |X - a|$ вибірки об'єму r . Аналітичний вигляд цієї функції громіздкий. Тому вона може бути одержана в чисельному вигляді. В системі Maple створена програма даних обчислень.

На рис. 5 та рис. 6 наведено графіки щільності розподілу найбільш відділених значень від модального значення вибірки об'єму r загального розподілу розміру при заданих пара-

метрах розподілу, які мають відмінність тільки в моді. З цих рисунків видно, що існує істотна відмінність в одній моделі від величині моди. Особливо це видно в щільності розподілу найбільш відділених значень від модального значення вибірки об'єму r . При однакових параметрах загальної моделі розмірів виробів, за виключенням модальних значень, щільність вибірки розподілу найбільш відділених значень від модального значення може перейти із одномодальних до двомодальних.

Випадкова величина найбільш відділених значень від модального значення вибірки об'єму r загального розподілу розмірів для різних модальних значень має різний розмах, математичне очікування та дисперсію. Так, при параметрах $r=5$, $b=1$, $a=3$, $c=8$ та $k=2$ математичне очікування $M(X) \approx 2,66$ і дисперсія $D(X) \approx 1,01$, а для параметрів $r=5$, $b=1$, $a=5$, $c=8$ та $k=2$ $M(Z) \approx 2,16$ і $D(Z) \approx 0,51$.

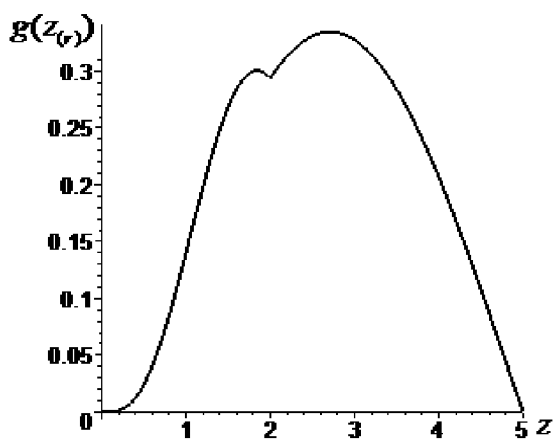


Рис. 5 - Щільність розподілу найбільш віддалених значень від модального значення вибірки об'єму $r = 5$ загального розподілу при параметрах $b = 1$, $a = 3$, $c = 8$ та $k = 2$

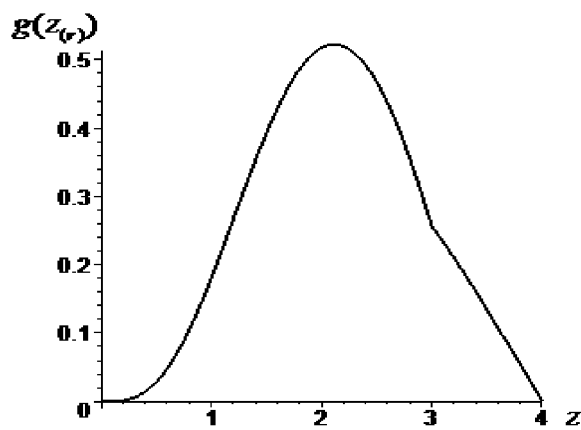


Рис. 6 - Щільність розподілу найбільш віддалених значень від модального значення вибірки об'єму $r = 5$ загального розподілу при параметрах $b = 1$, $a = 3$, $c = 8$ та $k = 2$

Відношення дисперсії випадкової величини, яка має загальну модель розподілу розмірів, до дисперсії випадкової величини найбільш віддалених значень від модального значення вибірки деякого об'єму r з цього розподілу розмірів, завжди більше одиниці. Так, це відношення з параметрами $r=5$, $b=1$, $a=5$, $c=8$ та $k=2$, дорівнює 3,45.

Використовуючи формули (3), (4), (5) і (6) для будь-якого r визначаємо величини $M(Z)$ та $D(Z)$ за знайденими параметрами моделі (1). Знаючи поле допуску і ці величини, знаходимо нижню та верхню границі контрольної карти лінійних розмірів за методикою з [2].

Всі результати, що одержано за допомогою складеної програми в системі Maple дозволять швидко визначити, коли слід зупинити виготовлення виробів, що попередити появу браку.

Висновки

Запропонований принцип побудови карти контролю точності лінійного розміру деталей містить обчислення математичного очікування та дисперсію найбільшого вибіркового абсолютного відхилення від номінального розміру, що робить її єдиною. Карта контролю може бути застосована для будь-яких квалітетів точності, оскільки використовую загальну модель розподілу розмірів. Використання карти контролю, що побудована за запропонованим принципом дозволяє визначити період підналагодження обладнання.

Список використаних джерел:

1. Noskievicova D. Design of Methodology for Application of Statistical Control on Short Run Process in Metallurgy / D. Noskievicova, B. Woska // *Metallurgy, Hrvatsko metalurško društvo*. – 2014. – Vol. 1 – P. 81-84.
2. Ламнауэр Н. Ю. Контрольная карта для различных квалітетов точности / Н. Ю. Ламнауэр // *Східно-Європейський журнал передових технологій*. – 2011. – № 3/7 (51) . – С. 23-26.
3. Ламнауэр Н. Ю. Загальна модель розподілу лінійних розмірів деталей та її застосування для поліпшення якості виробів / Н. Ю. Ламнауэр // *Вісник НТУ «ХПІ»* : зб. наук. пр. Тематичний випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 54. – С. 134-143.
4. Ламнауэр Н. Ю. Модель распределения размеров изделий и ее применение для оценки точности обработки / Н. Ю. Ламнауэр // *Вісник НТУ «ХПІ»* : зб. наук. пр. Тематичний випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків : НТУ «ХПІ». – 2012. – № 27. – С. 98-107.
5. Дейвид Г. Порядкове статистики / Г. Дейвид; пер. с англ. В. А. Егорова, В. Б. Невзорова. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 336 с.

References

1. Noskievicova, D & Woska B 2014, 'Design of Methodology for Application of Statistical Control on Short Run Process in Metallurgy', *Metallurgy, Hrvatsko metalurško društvo*, vol.1, pp. 81-84.
2. Lamnaujer, NJu 2011, 'Kontrolnaja karta dlja razlichnyh kвалітетov tochnosti', *Skhidno-Yevropejskij zhurnal peredovykh tekhnolohii*, no. 3/7 (51), pp. 23-26.
3. Lamnaujer, NJu 2013, 'Zahalna model rozpodilu liniinykh rozmiriv detalei ta yii zastosuvannia dlja polipshennia yakosti vyrobiv', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Kharkivskij politekhnichnij instytut*, Tematychnij vypusk Matematychno modeliuвання v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh, Natsionalnij tekhnichnij universytet Kharkivskij politekhnichnij instytut, Kharkiv, no. 54, pp. 134-143.
4. Lamnaujer, NJu 2012, 'Model raspredelenija razmerov izdelij i ee primenenie dlja ocenki tochnosti obrabotki', *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Kharkivskij politekhnichnij instytut*, Tematychnij vypusk Matematychno modeliuвання v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh, Natsionalnij tekhnichnij universytet Kharkivskij politekhnichnij instytut, Kharkiv, no. 27, pp. 98-107.
5. Dejvid, G 1979, *Porjadkove statistiki*, Nauka. Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskij literatury, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 30 листопада 2018 р.