2. Малиновский, А. В. Руководство по ремонту и техническому обслуживанию медицинской техники РМТ 59498076-03-2007 [Текст] / А. В. Малиновский. — СПб.: Медтехника, 2007. — Т. 3., Ч. 2. — 272 с.
3. Леонов, А. И. Основы технической эксплуатации бытовой радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / А. И. Леонов, Н. Ф. Дубровский. — М. : Легпромбытиздат, 1991. — 272 с.
4. ГОСТ 15.601-98. Техническое обслуживание и ремонт техники. Основные положения [Текст]. — К.: Госстандарт Украины, 2000. — 5 с.
5. Горбач, А. Современная методика совершенствования технического обслуживания медицинского оборудования в практике лечебных учреждений [Текст] / А. Горбач // Медична техніка. — 2008. — № 3(4). — С. 95—99.
6. Кузовик, В. Методика оцінювання рівня якості процесу ремонту медичного обладнання [Текст] / В. Кузовик, Л. Кошева, В. Кучеренко // «Метрология и измерительная техника (МИТ 2011)»: материалы Международной научно-технической конференции, г. Харьков, 10—13 октября 2011 г. — Вип. 6(96). — С. 64—67.
7. Кузовик, В. Новітні технології ремонту медичного діагностичного обладнання за фактичним технічним станом [Текст] / В. Кузовик, В. Кучеренко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. — 2012. — Вип. 3(25). — С. 10—14.
8. Кучеренко, В. Методика побудови новітнього технологічного процесу ремонту медичного діагностичного обладнання [Текст] / В. Кучеренко // Системи обробки інформації. — 2012. — Вип. 5(103). — С. 38—41.
9. Кузовик, В. Методика оцінки якості технологічного процесу ремонту електронного обладнання [Текст] / В. Кузовик, В. Кучеренко, О. Булигіна // Автошляховик України: окремий випуск. Вісник Центрального наукового центру ТАУ. — 2008. — Вип. 11. — С. 93—97.
10. Кучеренко, В. Автоматизована виробнича технологія ремонту для забезпечення якості експлуатації медичного діагностичного обладнання [Текст] / В. Кучеренко // Електротехнічні та комп'ютерні системи. — 2012. — Вип. 06(82). — С. 216—220.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РЕМОНТА БИОМЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Проведен анализ существующей системы ремонта биомедицинской аппаратуры. Определены факторы, которые влияют на уровень качества технологического процесса ремонта. Показаны пути усовершенствования существующей системы ремонта биомедицинской аппаратуры. Для обеспечения необходимого уровня качества технологического процесса ремонта предложена структура перспективной системы ремонта по фактическому техническому состоянию.

Ключевые слова: уровень качества, техническое состояние, технологический процесс ремонта, эксплуатация, биомедицинская аппаратура.

Кучеренко Валентина Леонідівна, *кандидат технічних наук, доцент, кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини, Національний авіаційний університет, Київ, Україна,*
e-mail: bikam_nau@mail.ru.

Кучеренко Валентина Леонидовна, *кандидат технических наук, доцент, кафедра биокибернетики и аэрокосмической медицины, Национальный авиационный университет, Киев, Украина.*

Kucherenko Valentina, *National Aviation University, Kyiv, Ukraine,*
e-mail: bikam_nau@mail.ru

УДК 621.9; 51.7

Ламнауэр Н. Ю.

РАСЧЕТ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ПО ЛИНЕЙНОМУ РАЗМЕРУ

Предложена четырех параметрическая модель распределения случайной величины — линейного размера деталей машин. Найдены оценки параметров модели. Показана адекватность предложенной модели. Получены расчетные формулы для нахождения величины размера, используя которые при настройке станка, достигается высокое качество обработки детали.

Ключевые слова: *качество, детали машин, точность, линейный размер, случайная величина, модель распределения.*

1. Введение

Одним из показателей качества изделий машиностроения является их точность по параметру линейного размера. Обеспечение качества по этому показателю является важной задачей технологии машиностроения. Особое внимание уделяется методам управления точностью и качеством обработки. Понятие управления включает в себя и прогнозирование точности. Прогнозирование точности и ее обеспечение невозможно без использования моделей распределения исследуемых случайных величин. Предлагаемые на сегодняшний день для использования на практике законы распределения для случайной величины — линейного размера [1] — не всегда корректны.

2. Постановка задачи

Известно, что точность размера зависит от множества технологических факторов и носит вероятностный характер. Поэтому построение адекватных моделей распределения случайных величин — линейных размеров изделий, и нахождение оценок ее параметров является актуальным. Все это поможет решать практические задачи и обеспечивать качество изделий по исследуемому параметру.

3. Результаты исследований

3.1. Модель распределения линейных размеров. Предлагается функция плотности $f(x)$ для случайных величин размера X изделий в виде [2]:

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

где a — модальное значение, b — нижний порог и c — верхний порог размера, k — параметр формы размеров.

При разных параметрах формы имеем различные распределения. При $k=1$ имеем треугольное распределение. При любом k имеем распределение с модой и с верхним и нижним порогом (рис. 1).

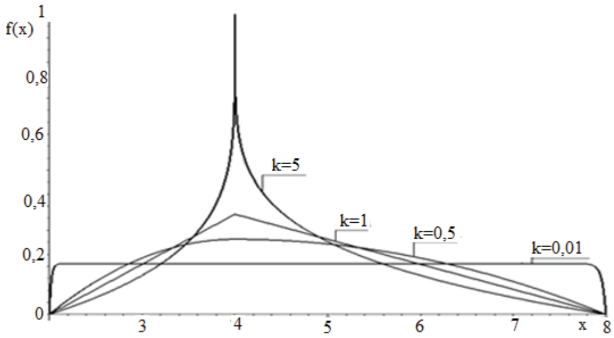

Рис. 1. Функции плотности распределения размеров (1) при параметрах $a=4$, $b=2$, $c=8$ и $k=5$, $k=1$, $k=0{,}5$, $k=0{,}01$

Функция распределения $F(x)$ [3] найдена для модели (1) в [4].

Для данной модели были найдены [2, 4] начальные моменты $M(X^j)$ $(1 \le j \le 4)$.

Параметры модели (1) — a, b и c измеряются в тех же единицах, что и величина линейного размера, а параметр k — безразмерная величина. Для определения центральных моментов [5] модели (1) через теоретический размах $c-b$ необходимо параметр a перевести в безразмерную величину, применяя формулу деления отрезка $[b,c]$ в данном отношении q. Отсюда $a=(b+cq)/(1+q)$.

В этом случае для модели (1) все центральные моменты μ_j $(2 \le j \le 4)$, имеют множитель $(c-b)^j$. Тогда квадрат асимметрии $\beta_1^2=\mu_3^2/\mu_2^3$ и эксцесс $\beta_2=\mu_4/\mu_2^2$ определяются только через параметры k и q.

Поверхность квадрата асимметрии меняется в пределах от 0 до 0,8, а поверхность эксцесса — от 1,8 до 3. Анализ данной модели показал, что такие характеристики как квадрат асимметрии β_1^2 и эксцесс β_2 полностью создают такую же плоскость, как и кривые Пирсона [6], которые имеют разные распределения. Отсюда следует, что построенная модель распределения величины размеров является общей.

3.2. Оценки параметров модели. Используя метод моментов [7], можно найти параметры данного распределения [4]. Учитывая, что эмпирические оценки центральных моментов высоких порядков имеют большой разброс, то для небольших выборок эти оценки малопригодны. Оценки, полученные с использованием порядковых статистик [8], где отсутствует мера беспорядка — энтропия, а, значит, использована вся информация выборки, дают лучшие оценки параметров модели (1).

Функции

$$R1=(\mu_{2:2}-\mu_{1:2})^2/\mu_2^2 \quad \text{и} \quad R2=(M(X)-\mu_{1:2})^2/\mu_2^2,$$

где $\mu_{1:2}$, $\mu_{2:2}$ — математические ожидания порядковых статистик выборки объема два, зависят только от k и q.

Числа

$$\tilde{R}1=(\tilde{\mu}_{2:2}-\tilde{\mu}_{1:2})^2/S^2(X) \quad \text{и} \quad \tilde{R}2=(\bar{x}-\tilde{\mu}_{1:2})^2/S^2(X)$$

определяются по формулам:

$$\bar{x}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i \quad \text{— выборочное среднее;}$$

$$S^2=\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i-\bar{x}\right)^2 \quad \text{— исправленная выборочная дисперсия;}$$

оценки $\tilde{\mu}_{1:2}$, $\tilde{\mu}_{2:2}$ — математические ожидания порядковых статистик выборки объема два, берутся из выражений:

$$\tilde{\mu}_{1:2}=\frac{2}{n(n-1)}\sum_{i=0}^{n-2}(n-1-i)x_{(i+1)},$$

$$\tilde{\mu}_{2:2}=\frac{2}{n(n-1)}\sum_{i=0}^{n-2}(1+i)x_{(i+2)},$$

где $x_{(i)}$ — значение i-ой порядковой статистики выборки объема n.

Приравнивая $R1=\tilde{R}1$ и $R2=\tilde{R}2$, получаем систему, которая решается в системе Maple, а ее решение дает оценки параметров k, q. Подставляя в $M(X)$ найденные значения k и q, и заменяя $M(X)$ на выборочное среднее $\bar{x}$, получаем уравнение относительно параметров c и b. Аналогично, подставляя в μ_2 найденные k и q, а также, заменяя μ_2 на исправленную выборочную дисперсию S^2, получим уравнение относительно параметров A и b. Решение данной системы дает оценки параметров A и b.

Пользуясь статистическим моделированием, было показано, что оценки, полученные предложенным методом, имеют меньшую дисперсию и являются более точными для оценки параметров модели (1), чем по методу моментов.

Проверка на адекватность модели (1) по массовым результатам размера вала [9] показала, что данная модель достаточно близка к действительной.

3.3. Практическое применение предложенной модели и оценок для обеспечения качества по линейному размеру. Любая технология обработки изделия должна обеспечивать его качество. Одним из показателей качества изделия есть его линейный размер, который должен находиться в поле допуска. Поле допуска T размера детали, на который делается настройка станка, равно разнице верхнего es и нижнего ei граничных отклонений: $T=es-ei$.

Полученная разница c_i-b_i оценок параметров модели (1) является оценкой поля рассеивания размеров изделий, а сами оценки b_i и c_i определяют место расположения относительно заданных значений ei и es. На рис. 2 даны расположения оценок b_i и c_i.

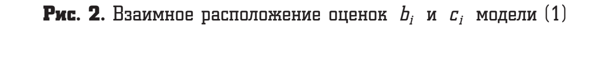

Рис. 2. Взаимное расположение оценок b_i и c_i модели (1)

Если $ei=b_0$ и $es=c_0$, то существует 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:

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

Интервал $(b_4; c_4)$ свидетельствует о том, что есть устранимый и неустранимый брак, вероятность которого определяется по формуле:

$$P(es < x \le c_4) + P(b_4 < x \le ei) =$$
$$= c_4 - es - k(es-a)\left[1-\left(\frac{es-a}{c_4-a}\right)^{\frac{1}{k}}\right]+$$
$$+ ei - b_4 + k(ei-a)\left[1-\left(\frac{ei-a}{b_4-a}\right)^{\frac{1}{k}}\right].$$

Из найденной функции распределения $F(x)$ в [3], имеем вероятность попадания случайной величины в интервал $(z,\ z+T)$:

$$P(z < X < z+T) =$$
$$= \frac{1}{c-b}\left[T + k(z+T-a)\left(1-\left((z+T-a)/(c-a)\right)^{\frac{1}{k}}\right)-\right.$$
$$\left. - k(z-a)\left(1-\left((z-a)/(b-a)\right)^{\frac{1}{k}}\right)\right].$$

Для этой функции максимум вероятности попадания размера изделия в интервал $(z, z+T)$ равен $z_{\max} = a - T(a-b)/(c-b)$. Этот максимум не зависит от параметра формы k, то есть применяется для любого распределения. Отсюда нижняя и верхняя границы настройки станка минимальным браком имеет вид:

$$\varepsilon_н = a - T(a-b)/(c-b)$$

и $\varepsilon_в = \varepsilon_н + T = a + T(c-a)/(c-b)$.

В отдельном случае, когда мода совпадает со средним значением, то есть $a = (b+c)/2$ или $q = 1$, имеем: $\varepsilon_н = a - T/2$ и $\varepsilon_в = a + T/2$, что ранее предлагалось для настройки станка.

Процент изделий на станке с максимально возможным качеством составляет величину:

$$\Delta \cdot 100\,\% = P(\varepsilon_н < X < \varepsilon_в)\cdot 100\,\% =$$
$$= T\left[1 + k - k\left(T/(c-b)\right)^{\frac{1}{k}}\right]\Big/(c-b)\cdot 100\,\%$$

и не зависит от величины моды a.

Так как сумма абсолютных отклонений случайной величины от медианы является минимальной величиной [10], то настройка любого станка должна проводиться на медианную величину x_m, которая определяется из решения уравнения $F(x_m) = 0{,}5$.

4. Выводы

1. Для прогнозирования и обеспечения качества изделий машиностроения по параметру — линейный размер, предложена общая модель распределения линейных размеров.

2. Найдены оценки параметров модели, которые применимы для малых выборок.

3. Определены нижняя и верхняя границы линейного размера изделий, в пределах которых наблюдается максимальное количество качественных изделий, что позволяет рассчитать возможный запас качества в пределах допуска и потерю возможного качества по исследуемому параметру.

4. Полученные результаты позволяют определить величину настройки станка на размер, при котором достигается максимальное качество.

Литература

1. Маталин, А. А. Технология машиностроения [Текст] : учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология, металлорежущие станки и инструменты» / А. А. Маталин. — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. — 496 с.
2. Ламнауэр, Н. Ю. Распределение размеров изготовления изделий [Текст] : зб. наук. пр. / Н. Ю. Ламнауэр // Високі технології в машинобудуванні. — Х.: НТУ «ХПІ», 2012. — Вип. 1(22). — С. 177—181.
3. Пугачев, В. С. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В. С. Пугачев. — М.: Физматлит, 2002. — 496 с.
4. Ламнауэр, Н. Ю. Модель распределения размеров изделий и ее применение для оценки точности обработки [Текст] : зб. наук. пр. / Н. Ю. Ламнауэр // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». — Тематичний випуск: Математичне моделювання в техніці та технологіях. — Х.: НТУ «ХПІ», 2012. — № 27. — С. 98—107.
5. Шторм, Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества [Текст] : пер. с нем. Н. Н. и М. Г. Федоровых / Р. Шторм; под. ред. Н. С. Райбмана. — М.: Мир, 1970. — 368 с.
6. Большев, Л. Н. Таблицы математической статистики [Текст] / Л. Н. Большов, Н. В. Смирнов. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. — 416 с.
7. Балиова, В. С. Статистика в вопросах и ответах [Текст] : учеб. пос. / В. С. Балиова. — М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2004. — 344 с.
8. Дэйвид, Г. Порядковые статистики [Текст] / Г. Дэйвид. — М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979. — 336 с.
9. Андреев, Г. Я. Тепловая сборка в машиностроении [Текст] / Г. Я. Андреев. — Х.: Украинская инженерно-педагогич. академия (УИПА), 2011. — 350 с.
10. Крамер, Г. Математические методы статистики [Текст] : пер. с англ. / Г. Крамер; под ред. А. Н. Колмогорова. — М.: Мир, 1976. — 623 с.

РОЗРАХУНОК ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЗА ЛІНІЙНИМ РОЗМІРОМ

Запропоновано чотирьох параметричну модель розподілу випадкової величини — лінійного розміру деталей машин. Знайдено оцінки параметрів моделі. Показано адекватність запропонованої моделі. Отримано розрахункові формули для знаходження величини розміру, користуючись якими при налагодженні станка, досягається висока точність та якість обробки деталі.

Ключові слова: якість, деталі машин, точність, лінійний розмір, випадкова величина, модель розподілу.

Ламнауэр Наталия Юрьевна, *кандидат технических наук, доцент, кафедра металлорежущего оборудования и транспортных систем, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков, Украина,* ***e-mail: lamnaouernatali@mail.ru****.*

Ламнауер Наталія Юріївна, *кандидат технічних наук, доцент, кафедра металоріжучого обладнання і транспортних систем, Українська інженерно-педагогічна академія, Харків, Україна.*

Lamnauer Nataliya, *Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine,* ***e-mail: lamnaouernatali@mail.ru***