

*Р. М. ТРИЦЬ*, д-р техн. наук, проф., УИПА, Харків;  
*В. М. БУРДЕЙНАЯ*, ассистент, УИПА, Харків

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КООРДИНИРОВАННЫХ ОТВЕРСТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В статье рассмотрены основные подходы при оценивании качества координированных отверстий с помощью статистических методов. Предложена новая модель для процесса оценивания показателей качества точности координированных отверстий при механической обработке. Получены числовые характеристики для модели оценивания качества точности координированных отверстий с помощью статистических методов машиностроения.

**Ключевые слова:** качество, отверстие, характеристика, обработка, методы, рассеивание, показатели, коэффициент, модель, размер

**Введение.** Качество деталей, сборочных единиц и технологических процессов в машиностроительном производстве оценивают на основании данных распределения во времени их показателей, что дает возможность оценивать, прогнозировать и управлять технологическим процессом. Рассеивание действительных значений показателей качества, как случайных величин, описывается моделью (законом) распределения, характеризующейся параметрами и ее числовыми характеристиками. Построение и идентификация моделей по опытным данным, занимает центральное место при управлении качеством статистическими методами. Точность большинства изделий машиностроения и приборостроения является важнейшей характеристикой их качества, так как современные машины не могут функционировать при недостаточной точности их изготовления в связи с возникновением дополнительных динамических нагрузок и вибраций, нарушающих нормальную работу машин и вызывающих их разрушение [6]. Важное значение имеет обеспечение точности на всех этапах жизненного цикла продукции. Так, например, повышение точности исходных заготовок снижает трудоемкость механической обработки, уменьшает размеры припусков на обработку заготовок и приводит к уменьшению сил в зоне резания, вибраций и температур, что, непременно, влияет на качество изготовления деталей.

Математическая статистика была той научной базой, на которой начали проводить первые исследования точности технологических процессов. Первым шагом в этом направлении было изучение кривых распределения. Вид кривой распределения размеров (линейных, диаметральных, угловых) при обработке деталей на предварительно настроенном станке зависит от характера погрешности. Распределение систематических закономерно изменяющихся погрешностей происходит по различным законам, в зависимости от характера изменения погрешностей.

**Целью работы.** Целью наших исследований является определение показателей точности координированных размеров при обработке отверстий с помощью статистических методов.

**Методика исследования.** Для оперативного определения модели рассеивания параметров качества в механосборочном производстве необходимо эффективно использовать статистическую информацию. Существуют несколько моделей для определения распределения. Один из них основан на математическом анализе, основой которого является подбор подходящей функции для описания эмпирического распределения. С помощью различных критериев согласия (Колмогорова, Пирсона и др.) определяют насколько правильно эта функция описывает опытное распределение. Другой подход основан на том, что каждому теоретическому закону распределения соответствует вполне определенные условия функционирования технологических процессов. При этом зная эти условия, можно найти соответствующие им законы распределения.

Можно сказать, что оба подхода не всегда возможно применить, так как для первого подхода необходимо большие объемы статистической информации, и самое главное, что согласие эмпирических распределений с теоретическим не гарантирует адекватности модели. Так как условия функционирования постоянно меняются, а сам технологический процесс механической обработки и сборки не стационарен, то второй подход требует полной определенности, что практически всегда отсутствует.

Для решения этой задачи – определения модели распределения параметров качества необходимо применить комплекс различных методов на разных этапах ее решения в зависимости от количества существующей информации о показателях качества, как в виде знания физической сущности процесса рассеивания, так и в виде объема выборки.

**Моделирование точности координированных отверстий в машиностроении, как случайной величины.** Статистические исследования, накопившиеся за много лет в машиностроительной промышленности, показывают, что точность деталей, обработанных на одном и том же станке, различна. Даже при обработке одной детали ее размер в различных сечениях оказывается неодинаковым из-за погрешности формы.

Основными причинами возникновения погрешностей обработки являются производственные факторы, которыми неизбежно сопровождается выполнение каждой операции технологического процесса. Основные источники погрешностей обработки — станок, приспособление, заготовка и инструмент, процесс резания, квалификация рабочего и др. Погрешности, возникающие при механической обработке, можно разбить на три категории: систематические постоянные, систематические закономерно изменяющиеся и случайные [2]. Систематические постоянные погрешности не изменяются по величине при обработке одной или нескольких партий заготовок. Систематические постоянные погрешности могут быть выявлены пробными промерами нескольких обработанных деталей. Эти погрешности сводятся к желаемому минимуму соответствующими технологическими мероприятиями (устранением геометрических погрешностей - станка, приспособления и инструмента, а также изменением условий выполнения данной технологической операции).

Среди наиболее распространенных нормируемых показателей качества механосборочного производства являются точность размера, точность формы и

точность взаимного расположения поверхностей. Эти показатели, в основном, определяют качество изделия, качество работы технологического оборудования и качество технологических процессов в механосборочном производстве.

Случайные погрешности возникают в результате действия большого количества не связанных между собой факторов. Случайная погрешность может иметь различное значение, определить заранее момент появления и точную величину этой погрешности для каждой конкретной детали в партии не представляется возможным.

Примерами случайных погрешностей могут быть погрешности установки заготовок на станке, погрешности настройки станка на размер, погрешности обработки, вызываемые упругими отжатыми элементами технологической системы под влиянием нестабильных усилий резания, а также погрешности формы обрабатываемых поверхностей тонкостенных деталей, обусловленные непостоянством зажимного усилия.

Несмотря на то, что определение случайной погрешности для каждой детали в партии практически неосуществимо, можно установить пределы изменения этой погрешности.

Главным показателем качества координированных отверстий является их точность. Под точностью координированных отверстий подразумевается точность размеров между отверстием и базой или между двумя или несколькими отверстиями, а также позиционное отклонение их осей.

Точность координированных отверстий относятся к комплексным параметрам точности, так как является результатом совместного проявления многих факторов. Так, например, позиционное отклонение осей координированного отверстия зависит от неоднородности обрабатываемого материала, разной твердости, погрешности режущего инструмента, погрешности заточки режущего инструмента, не оптимальности режимов резания, не постоянства температур в зоне резания и др.

Так как точность координированных отверстий не может быть бесконечной величиной, то, в качестве гипотезы, предлагается рассматривать закон с плотностью распределения:

$$f(r) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} r(r_b - r)^\alpha, \quad (\alpha > -1) \quad (1)$$

где  $r_b$  – масштабный параметр,  $\alpha$  - параметр формы. Модель (1) принадлежит к кривым Пирсона I типа, что уже частично делает модель (1) близкой к «истинной». Функция распределения случайной величины R:

$$\begin{aligned} F(r) &= \int_0^r f(r) dr = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \int_0^r r(r_b - r)^\alpha dr = \frac{(1 + \alpha)(2 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \int_0^r (r - r_b + r_b)(r_b - r)^\alpha dr = \\ &= \frac{(1 + \alpha)(2 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} \left[ -\frac{r_b(r_b - r)^{\alpha+1}}{\alpha + 1} + \frac{(r_b - r)^{\alpha+2}}{\alpha + 2} \right]_0^r = \\ &= \frac{1}{r_b^{2+\alpha}} \left[ -(\alpha + 2)r_b(r_b - r)^{\alpha+1} + (\alpha + 1)(r_b - r)^{\alpha+2} + (\alpha + 2)r - (\alpha + 1)r_b^{\alpha+2} \right] = \\ &= 1 - \frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1 + \alpha)r)}{r_b^{2+\alpha}}, \end{aligned}$$

то есть

$$F(r) = \begin{cases} 0, & r \leq 0 \\ 1 - \frac{(r_b - r)^{\alpha+1}(r_b + (1 + \alpha)r)}{r_b^{2+\alpha}}, & 0 \leq r \leq r_b \\ 1, & r \geq r_b \end{cases} \quad (2)$$

Предлагаемая модель (2) обладает большим преимуществом над моделями кривых Пирсона I типа, так как она имеет не интегральный вид, как остальные модели кривых Пирсона I типа. Ранее модель (2) применялась для оценки показателей качества механической обработки цилиндрических деталей – торцевого и радиального биения [1; 2].

Так как при замене  $r/r_b$  на  $x$  модель (1) имеет частный случай  $\beta$ -распределения, то для вычисления числовых характеристик достаточно воспользоваться известными [3] числовыми характеристиками  $\beta$ -распределения, помня что эти характеристики будут иметь множитель  $r_b$  в необходимой степени зависимости от характеристики.

Случайная величина имеет  $\beta$  - распределение, если плотность распределения с параметрами  $\alpha, \beta$  ( $\alpha > 0, \beta > 0$ ) имеет вид:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}, & x \in [0,1] \\ 0 & , x \in [0,1] \end{cases} \quad (3)$$

Начальный момент  $k$ -го порядка для распределения (3) выражается формулой:

$$M\xi^k = \frac{\Gamma(\alpha + k)\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha + \beta + k)},$$

где  $\Gamma(x)$  – гамма функция.

Тогда для модели оценивания качества координированных отверстий (1) начальный момент  $k$ -го порядка имеет вид:

$$M(R^k) = \frac{r_b^k (2 + \alpha)(1 + \alpha)\Gamma(k + 2)\Gamma(1 + \alpha)}{\Gamma(k + 3 + \alpha)}. \quad (4)$$

Отсюда математическое ожидание случайной величины  $R$  имеет вид:

$$M(R) = \frac{2r_b}{\alpha + 3}, \quad (5)$$

а дисперсия, которая выражается через начальные моменты формулой

$$D(R) = M(R^2) - [M(R)]^2$$

будет иметь вид:

$$D(R) = \frac{2r_b^2(1 + \alpha)}{(\alpha + 3)^2(\alpha + 4)}. \quad (6)$$

Тогда среднее квадратичное  $\sigma(R)$  будет иметь вид:

$$\sigma(R) = \frac{r_b}{(\alpha + 3)} \sqrt{\frac{2(1 + \alpha)}{(\alpha + 4)}} \quad (7)$$

Отсюда коэффициент вариации  $V$  определяемый по формуле

$$V = \frac{\sigma(R)}{M(R)} = \frac{\sqrt{D(R)}}{M(R)}$$

будет иметь вид:

$$V = \sqrt{\frac{1 + \alpha}{2(4 + \alpha)}} \quad (8)$$

Так как коэффициент вариации  $V$  для модели (1) зависит только от параметра формы  $\alpha$ , то заменяя  $V$  на эмпирический коэффициент вариации  $V^*$  можно найти оценку параметра формы  $\alpha$ .

Коэффициент асимметрии для  $\beta$ -распределения (3) имеет вид:

$$\sqrt{\eta_1} = \frac{2(\beta - a)\sqrt{1 + \alpha + \beta}}{(2 + \alpha + \beta)\sqrt{\alpha\beta}}$$

Тогда для модели (2) коэффициент асимметрии определяется по формуле:

$$\sqrt{\eta_1} = \frac{2(\alpha - 1)\sqrt{4 + \alpha}}{(5 + \alpha)\sqrt{2(\alpha + 1)}} \quad (9)$$

Коэффициент эксцесса для  $\beta$ -распределения (3) определяется формулой:

$$\eta_2 = \frac{6[(\alpha - \beta)^2(\alpha + \beta + 1) - \alpha\beta(\alpha + \beta + 2)]}{\alpha\beta(\alpha + \beta + 2)(\alpha + \beta + 3)} + 3,$$

тогда для модели (2) коэффициент эксцесса имеет вид:

$$\eta_2 = \frac{6(\alpha + 4)(\alpha^2 + 2\alpha + 3)}{(\alpha + 1)(\alpha + 5)(\alpha + 6)} \quad (10)$$

Найдем моду модели (2). Для этого найдем производную функции плотности (1):

$$f'(r) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)}{r_b^{2+\alpha}} ((r_b - r)^\alpha - \alpha r (r_b - r)^{\alpha-1}) = \frac{(2 + \alpha)(1 + \alpha)(r_b - r)^{\alpha-1}}{r_b^{2+\alpha}} (r_b - (1 + \alpha)r)$$

Тогда мода модели (2) определяется выражением:

$$r_{\text{mod}} = \frac{r_b}{1 + \alpha} \quad (11)$$

Медиана случайной величины  $R$  модели (2) может быть найдена из решения уравнения относительно  $r$

$$\frac{(r_b - r)^{\alpha+1} (r_b + (1 + \alpha)r)}{r_b^{\alpha+2}} = \frac{1}{2} \quad (12)$$

Найденные числовые характеристики для модели (2) позволят в дальнейшем использовать их для решения практических задач управления качеством, и создания нормативно-методического обеспечения.

Используя массовые испытания точности координированных отверстий [6] где авторы приводят подробное доказательство согласования данного показателя качества с нормальным распределением, модуля разности и эксцентриситета (Релея), был проведен анализ данных испытаний по критерию согласия Пирсона. Этот анализ показал, что при уровне значимости  $\varepsilon = 0,05$  все массовые испытания по точности координированных отверстий согласуются с предлагаемой моделью

(2). Но как уже отмечалось – согласование не означает адекватность модели. Поэтому для анализа и сравнения применим дополнительно и другие методы исследования.

По выше приведённым массовым испытаниям были найдены эмпирический квадрат асимметрии  $\eta_1$  и эмпирический эксцесс  $\eta_2$ . Эти значения были нанесены на плоскость  $(\eta_1, \eta_2)$ . На эту плоскость была нанесена и кривая зависимости коэффициента эксцесса от квадрата коэффициента асимметрии предлагаемой модели (2), а также точка в плоскости принадлежащая распределению Релея.

Итак, массовые испытания по точности координированных отверстий с использованием коэффициента эксцесса и квадрата асимметрии показывают, что предлагаемая модель (2) точнее описывает процесс рассеивания исследуемых величин точности размеров координированных отверстий, чем другие модели.

### **Выводы**

1. Основываясь на физической сущности процесса рассеивания показателей точности координированных отверстий, предложена новая модель его описывающая.

2. Массовые испытания по точности координированных отверстий с использованием коэффициента эксцесса и квадрата асимметрии показывают, что предлагаемая модель точнее описывает процесс рассеивания исследуемых величин точности координированных отверстий, чем другие модели.

3. Найденные числовые характеристики для предлагаемой модели позволят в дальнейшем использовать их для решения практических задач управления качеством, и создания нормативно-методического обеспечения.

**Список литературы:** 1. Ламнауэр, Н. Ю., Тришч, Р. М. Модель поля рассеивания погрешности геометрической формы и ошибки взаимного расположения поверхностей [Текст] / Н. Ю. Ламнауэр, Р. М. Тришч // Вісник НТУ „ХПІ”. Збірник наукових праць. – НТУ „ХПІ”. – Харків. – 2004. – № 44 – С. 106-110 2. Ламнауэр, Н. Ю., Тришч, Р. М. Оценка радиального биения деталей в машиностроении [Текст] / Н. Ю. Ламнауэр, Р. М. Тришч, // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 1/2 (13) – С. 76-78. 3. Карцев, П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента [Текст] / П. Г. Карцев. – М. –Москва: Машиностроение, 1974. – С. 192–230. 4. Колкер, Я. Д. Математический анализ точности механической обработки деталей [Текст] / Я. Д. Колкер. – Киев: Техніка, 1976. – 200 с. 5. ГОСТ 18321-73 Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции. 6. Косилова, А. Г. Точность обработки деталей на автоматических линиях [Текст] / А. Г. Косилова. – М. – Москва: Машиностроение, 1976. – 224 с. 7. Иванов, В. В., Пащенко, Э. А., Чепела, В. А. К вопросу точности обработки координированных отверстий на агрегатных станках. [Текст] / В. В. Иванов, Э. А. Пащенко, В. А. Чепела // Вестник ХПИ – Машиностроение: Вища школа – Харьков-№ 158 - 1979- С. 17-21.

**Bibliography (transliterated):** 1. Lamnayer N. Y., Trishch R. M. (2004). Model of a field of dispersion error geometric shapes and errors mutual arrangement of surfaces. Bulletin of the NTU "HP". Coll. scientific essays. NTU "HP". Kharkiv, 44, 106-110 2. Lamnayer N. Y., Trishch R. M. (2005). Assessment radial run-out of parts in mechanical engineering. Eastern-European journal of enterprise technologies, 1/2 (13), 76-78. 3. Karcev, P. G. (1974). Statisticheskie metody issledovanija rezhushhego instrumenta. Mashinostroenie, 192–230. 4. Kolker, Ja. D. (1976). Matematicheskij analiz tochnosti mehanicheskij obrabotki detalej. Tehnika, 205. 5. GOST 18321-73 Statistical quality control. Methods of selecting random samples of single piece products. 6. Kosilova, A. G. (1976). Precision of details processing on automatic lines. – М. - Moscow: machine-building, 224. 7. Ivanov, V. V.,

*Pashchenko, E. A., Capela, V. A. (1979). To question the accuracy of processing coordinated holes on the transfer machines. - Bulletin of the NTU - № 158. Engineering, - Kharkov, Vyscha Shola, 10, 17-21.*

*Поступила (received) 12.08.2014*

**УДК 658.62.018.012**

**Н. А. ГОРБЕНКО**, соискатель, УИПА, Харьков;

**О. А. КАТРИЧ**, соискатель, УИПА, Харьков

## **ОЦЕНИВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ СЕРИИ ISO 9000**

В статье рассмотрены вопросы, связанные с оцениванием разнородных и разноразмерных показателей качества процессов системы менеджмента качества, соответствующей требованиям международных стандартов ISO серии 9000, на безразмерной шкале. Анализ требований международных стандартов доказывает необходимость оценивания процессов СМК.

**Ключевые слова:** процесс, показатель качества процесса, безразмерная шкала, функция желательности, международный стандарт, система менеджмента качества.

**Введение.** Качество продукции и услуг – решающий фактор экономического развития любой страны, обеспечивающий освоение новых рынков сбыта, стабильность национальной валюты, повышение уровня жизни людей, уровень национальной безопасности. Для Украины проблема обеспечения высокого уровня качества особенно актуальна сейчас, когда страна задекларировала курс на вступление в Европейский Союз, поэтому промышленным предприятиям и организациям необходимо готовиться к жесткой конкурентной борьбе в условиях Европейской рыночной экономики.

Анализ опыта успешного развития предприятий стран-лидеров мировой экономики показал, что для достижения поставленных целей в области достижения высокого уровня качества продукции ряд предприятий внедряют и сертифицируют системы менеджмента качества в соответствии требований международных стандартов серии ISO 9000.

Анализ требований международных стандартов ISO серии 9000 доказывает необходимость оценивания процессов СМК. Так, на пример в разделах стандарта [1] указано, что:

- раздел 4.1. Организация должна осуществлять мониторинг, измерять и анализировать процессы;
- раздел 5. 6. 2. Входные данные для анализа со стороны руководства должны включать информацию о показателях функционирования процессов и соответствии продукции;
- раздел 8. 1. Организация должна планировать и применять процессы мониторинга, измерения, анализа и улучшения, необходимые для того, чтобы постоянно повышать результативность системы менеджмента качества;
- раздел 8. 4. Организация должна определить, собирать и анализировать соответствующие данные для доказательства пригодности и результативности

© Н. А. ГОРБЕНКО, О. А. КАТРИЧ, 2014