

## **ОЦЕНКА ПОТЕРЬ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ**

### **Аннотация**

В статье рассмотрены способы оценки погрешности геометрической формы отверстий в корпусах подшипников с применением статистического инструментария, который позволил установить постоянно действующий фактор, влияющий на упругие деформации корпуса, приводящий к значительным отклонениям точности формы отверстия. Описана методика исследования, которая может быть использована при оценке качества различных изделий на этапах жизненного цикла. Приведен пример, наглядно показывающий, что ошибки, допущенные на начальном этапе жизненного цикла продукции и проявившиеся на этапе эксплуатации продукции, приводят к значительным потерям.

### **Ключевые слова**

Потери, погрешность, геометрическая форма, оценка, качество, производство, распределение.

*V. I. Gissin*

## **ESTIMATION OF LOSSES IN PRODUCTION AND DISTRIBUTION PROCESS**

### **Annotation**

Article discusses methods for assessing the error of geometric shape of holes in bearing housings using statistical tools, which made it possible to establish a constantly acting factor affecting the elastic deformation of housing, leading to significant deviations in accuracy of hole shape. Research technique that can be used to assess the quality of various products at the stages of life-cycle is described. Example is given that clearly shows that errors made at initial stage of product life-cycle and manifested at the stage of product operation lead to very large losses.

### **Keywords**

Losses, margin of error, geometric shape, evaluation, quality, production, distribution.

### **Введение**

С целью повышения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции руководство предприятий,

компаний должно постоянно заниматься совершенствованием качества продукции, начиная с первого и заканчивая последним этапом ее жизненного цикла.

Планомерное и последовательное внимание к обеспечению и повышению качества продукции дает возможность предприятию поддерживать свой имидж. Все это требует определенных затрат, которые могут появиться как результат выполнения процессов с отклонениями от технических требований, например: затраты на реализацию продукции и маркетинговые исследования, НИР, испытания, транспортировка, условия хранения, изготовление, монтаж, гарантийное послепродажное обслуживание и т. д. Перечисленные затраты могут быть не только внутренними, но и внешними.

Рассматривая прибыль производителя от реализации продукции на рынке, следует отметить, что она (прибыль) во многом зависит от предлагаемого уровня качества товара и величины затрат, которые обеспечили заданный уровень качества для удовлетворенности потребителя. Нужно указать на то, что затраты необходимо учитывать не только на этапе проектирования и производства товара, но в течение периода службы на гарантийное обслуживание изделия, поддержание заданного уровня его качества. Перечисленные затраты представляют собой суммарные затраты поставщика [1].

Разница между продажной ценой (Р) и его стоимостью (С) приносит доход предприятию от продажи изделия, т. е.:

$$M = P - C.$$

Таким образом, чем ниже себестоимость изделия, включающая затраты на качество, тем выше доход предприятия. Следует отметить, что объем продаж является мощным фактором, влияющим на доход. Но в то же время объем продаж зависит от конкурентоспособности, качества и себестоимости изделия. Предприятию целесообразно

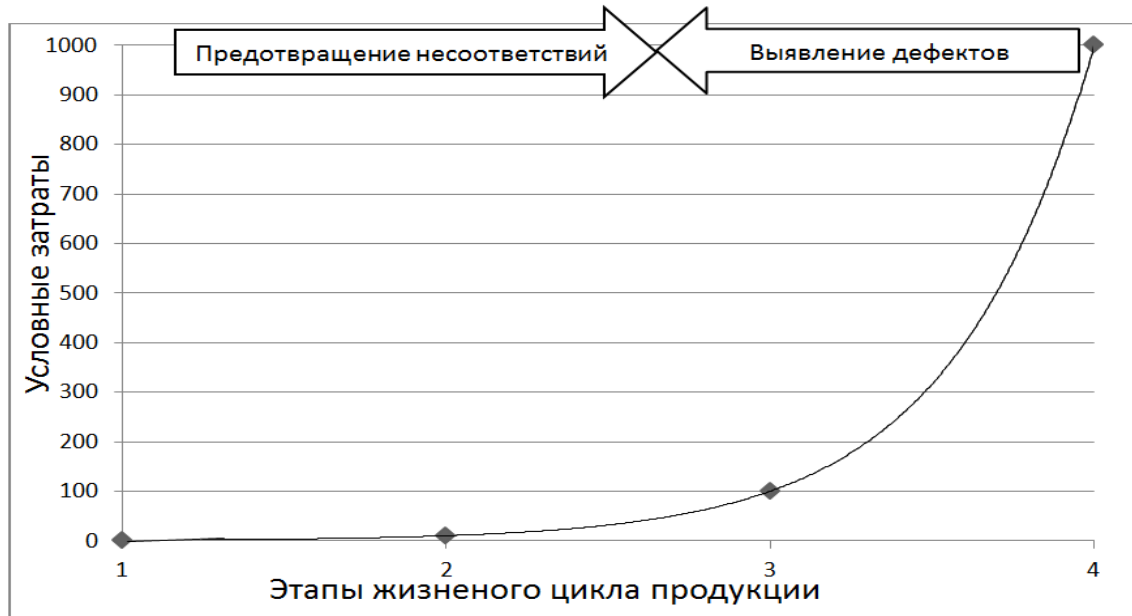
постоянно проводить анализ его деятельности с целью выявления своих резервов по производству продукции, отвечающих запросам потребителя. Подавляющее большинство дефектов (до 80 %) возникает не только в процессе производства, но и при эксплуатации продукции потребителем. Такое положение можно объяснить не только низким качеством разработанной концепции товара, но и недостаточной проработанностью его конструкции, а также процессов изготовления.

Большинство проблем, которые выявляются во время гарантийного срока, возникают по разным причинам, например, таким как: дефектные комплектующие, низкий уровень разработанной конструкции, недостаточная надежность и др.

### **Материалы и методы**

Процессы жизненного цикла продукции состоят из двенадцати этапов (от разработки, планирования, производства до эксплуатации), связанных между собой правилом десятикратных затрат. Данное правило основано на десятикратном росте затрат в случае ошибки, которая была обнаружена на следующем этапе, то есть необходимо затратить на исправление ее в десять раз больше средств, чем если бы эта ошибка была своевременно обнаружена. При обнаружении дефекта через этап производителю потребуется на исправление затратить в сто раз больше и т. д. (рис. 1).

Рисунок 1 наглядно иллюстрирует стремительное увеличение затрат на качество при обнаружении дефектов, выявленных в процессе жизненного цикла продукции. При анализе возникающих затрат широкое применение находят статистические методы и инструменты, методы оценки потерь и др.



1 — проектирование; 2 — разработка; 3 — изготовление; 4 — эксплуатация.

Рисунок 1 — Изменение затрат для достижения требуемого уровня качества в процессе производства и распределения

### Результаты

Рассмотрим пример применения статистических инструментов, который позволяет выявить отклонения погрешностей формы, а также найти адекват-

ные решения по совершенствованию процесса. На предприятии изготавливают корпуса подшипников (рис. 2), устанавливаемых в различных узлах технического изделия.

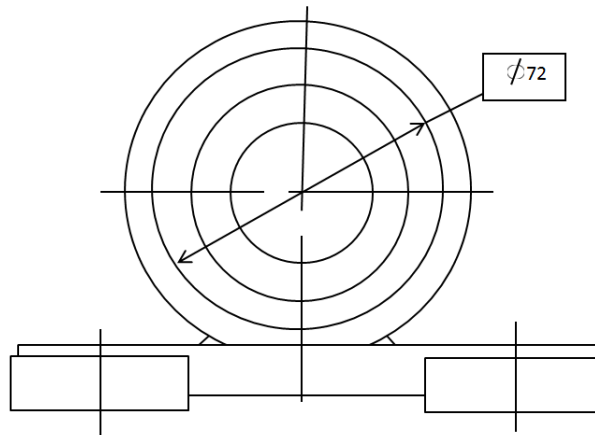


Рисунок 2 — Общий вид корпуса подшипника

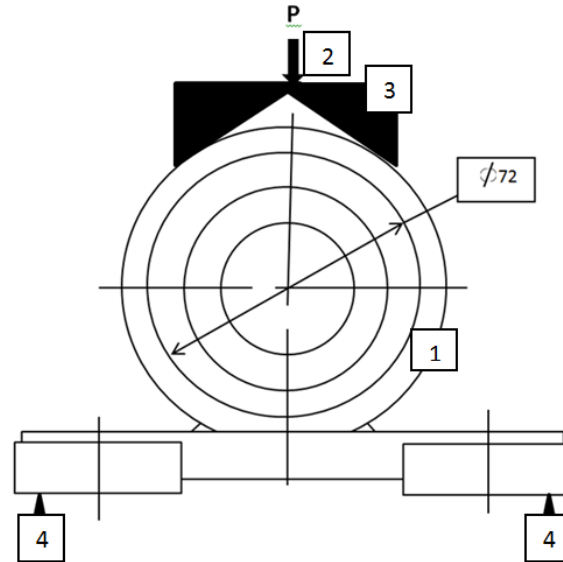
Самым точным элементом корпуса подшипника является отверстие, соответствующее 7 качеству точности, а погрешность формы отверстия должна соответствовать техническим требованиям стандарта. Номинальный диаметр отверстия корпуса под посадку под-

шипника равен 72 мм. Допуск на размер отверстия в соответствии со стандартом составляет 30 мкм, допуск овальности не должен превышать  $\frac{1}{2}$  допуска на размер, что соответствует — 16 мкм.

Необходимо заметить, что большее значение для обеспечения требуе-

мой геометрической точности рабочих поверхностей корпусов подшипника имеет конструктивная жесткость системы станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД), а также характер и величина силового замыкания звеньев, которые могут привести к воз-

никновению упругих деформаций деталей и, как следствие, появлению дефектов. Отверстие корпуса подшипника обрабатывали в специально сконструированном приспособлении в соответствии с приведенной схемой базирования и приложением сил крепления (рис. 3).



1 — обрабатываемая деталь; 2 — приложение силы закрепления детали; 3 — призма; 4 — опора.

Рисунок 3 — Схема установки корпуса в приспособлении

Оценка соответствия выполнения технических требований к погрешности формы отверстий, оговоренных стандартом, проводилась с применением статистического анализа, определяющего качество геометрической точности отверстий корпуса. В качестве средства измерения отверстий в партии корпусов (50 шт.) был использован индикаторный нутромер с ценой деления 2 мкм.

На рисунке 4 представлены результаты статистической обработки партии корпусов, характеризующих погрешность формы отверстия — овальность. Из приведенного рисунка видно, что подавляющее большинство отверстий в корпусе подшипника диаметром 72 мм не соответствуют техническим условиям (заштрихованная площадь

отображает дефекты формы). Для оценки точности процесса были определены статистические характеристики:

Среднее арифметическое значение овальности  $\bar{X} = 18,2 \text{ мкм}$ ,

Среднеквадратическое отклонение  $S = 3,01 \text{ мкм}$ .

Найденные статистические характеристики позволили оценить точность процесса при обработке отверстий корпусов по формуле:

$$K_T = \frac{6S}{T},$$

где  $K_T$  — коэффициент точности процесса;

$T = T_B - T_H$  — допуск формы;

$S = \sigma$  — среднеквадратическое отклонение.

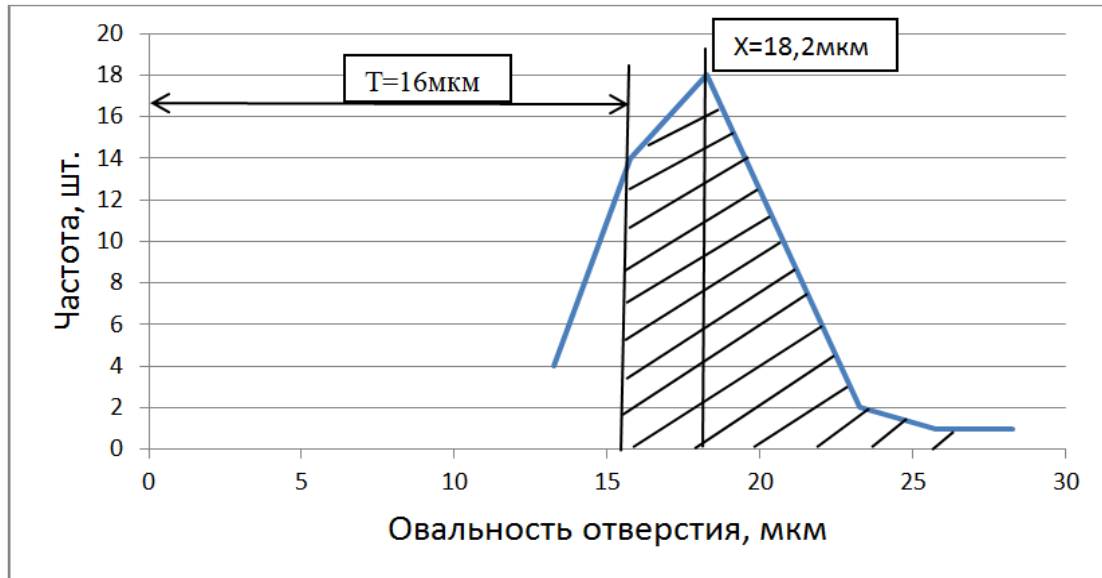


Рисунок 4 — Кривая распределения овальности отверстий корпуса

Точность процесса оценивали исходя из следующих критериев:

$K_t \leq 0,80$  — технологический процесс точный, удовлетворительный;

$K_t = 0,80 — 0,98$  — процесс требует внимательного наблюдения;

$K_t > 0,98$  — процесс неудовлетворительный.

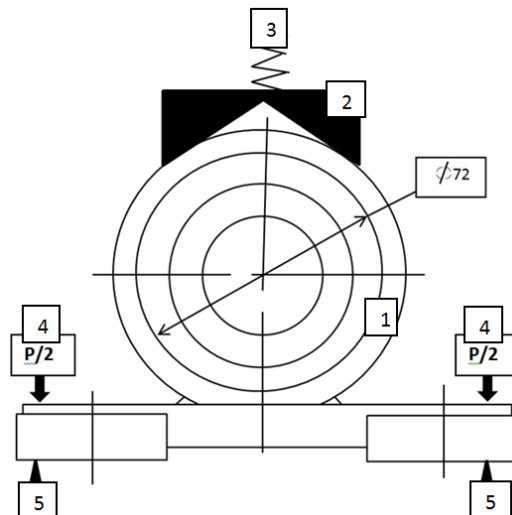
Для рассматриваемого случая коэффициент точности процесса равен  $K_t = 1,12$ .

Таким образом, оценка точности процесса обработки отверстия в корпусе подшипника показала, что возможности процесса, с точки зрения обеспечения точности формы отверстия, является неудовлетворительным. На это указывает смещение центра группирования величины овальности, которое равно  $\bar{X} = 18,2$  мкм. Требование к среднему значению овальности не должно превышать 8 мкм. Изложенные исследования иллюстрируют несоответствия формы отверстий техническим требованиям.

Исследуя причинно-следственные связи полученных результатов, группа экспертов пришла к выводу об ошибочном приложении сил зажима для закрепления корпуса, которые приводили к возникновению упругих деформаций и искажению отверстия заготовки.

Иными словами в рассматриваемом случае была допущена ошибка при проектировании приспособления, конструктор не учел влияния сил зажима на жесткость изделия, что привело к возникновению упругих деформаций корпуса перед обработкой отверстия. При снятии детали из приспособления после обработки упругие деформации приходили в равновесное состояние, изменяя форму отверстия.

Найденная причина появления дефектности формы отверстий позволила изменить конструктивные параметры приспособления и внести коррективы в распределении сил зажима (рис. 5).



1 — обрабатываемая деталь; 2 — призма; 3 — пружина; 4 — приложение силы закрепления детали; 5 — опора.

Рисунок 5 — Схема приложения сил зажима при креплении изделия

После проектирования и изготовления нового приспособления вновь была обработана партия корпусов и проведена статистическая оценка пока-

зателей качества формы отверстий, результаты которой представлены на рисунке 6.

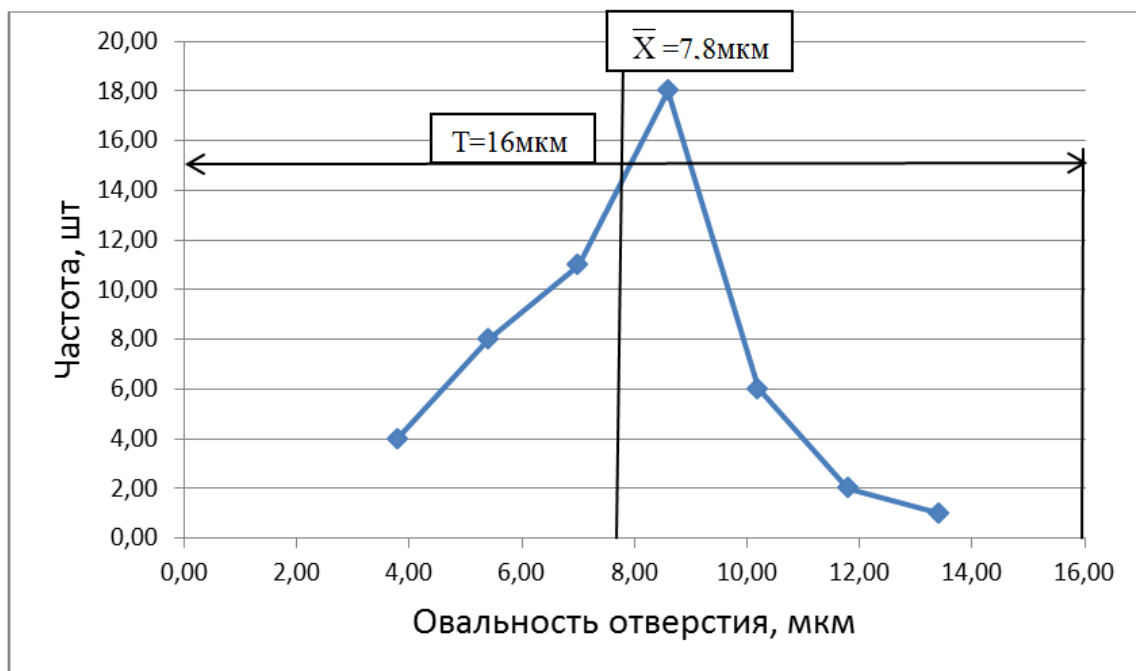


Рисунок 6 — Кривая распределения формы отверстия после конструктивных изменений приспособления

Статистические характеристики процесса обработки отверстий в при-

способлении с конструктивными изменениями соответствовали:

Среднее арифметическое значение погрешности формы — овальность:  $\bar{X} = 7,8 \text{ мкм}$ .

Среднеквадратическое отклонение  $S = 2,13 \text{ мкм}$ . Оценка коэффициента точности процесса при обработке отверстий корпусов в измененном приспособлении ( $K_T = 0,79$ ) указывает на то, что процесс удовлетворяет предъявляемым требованиям к качеству формы обрабатываемых отверстий.

### Обсуждение

Изложенное позволяет констатировать, что причиной неудовлетворительного процесса явилось ошибочное распределение сил зажима при проектировании приспособления, которые приводили к возникновению упругих деформаций, изменяющих форму отверстия.

С точки зрения рассматриваемого правила десятикратного возрастания затрат на снижение дефектов на этапе конструирования приспособления конструктором не была учтена возможность того, что упруго деформированная деталь может вызвать значительные изменения формы отверстия. Если бы эта ошибка была обнаружена на этом же этапе, то ее устранение обошлось бы с небольшими потерями. Прием затраты на устранение этой ошибки на первом этапе за одну условную единицу, например, это могут быть затраты на изменение конструкции приспособления (изменение чертежа), повторное утверждение установленных требований, технических условий к приспособлению, изготовление, контроль и т. д. Устранение этой ошибки на более поздних этапах жизненного цикла приспособления, учитывая правила десятикратных затрат, должно было бы обойтись, соответственно, при:

- проектировании — 35 000 руб.;
- производстве — 350 000 руб.;
- эксплуатации — 3 500 000 руб.

Ошибка при проектировании приспособления была обнаружена специалистами на этапе эксплуатации в виде внезапного отказа узла, в котором вышел

из строя запрессованный подшипник, что привело к остановке агрегата и дополнительным затратам на его ремонт и восстановление работоспособности.

Описываемая методика анализа погрешностей формы отверстий применима для комплексной оценки качества деталей машин различного назначения. Особенность ее заключается в возможности получить объективную картину распределения, оценить качество процесса, снизить погрешности формы и затраты на изготовление.

### Выводы

Исследования погрешности геометрической формы отверстий в корпусах подшипников с использованием статистических инструментов контроля позволили выявить постоянно действующий основной фактор, который вызывает появление упругих деформации корпуса, приводящих к значительным отклонениям точности формы отверстия. Рассмотренная методика исследований может быть использована при оценке качества различных изделий на этапах жизненного цикла. Изложенный пример иллюстрирует то, что ошибки, допущенные на первом этапе жизненного цикла продукции и проявившиеся на этапе эксплуатации продукции, обходятся чрезвычайно дорого для производителей, так как ведут к непредвиденным значительным потерям.

### Библиографический список

1. Всеобщее управление качеством : учебник / под. ред. О. П. Глудкина. — М. : Горячая линия — телеком, 2001.
2. Длин, А. Ю. Факторный анализ. — М. : Статистика, 1975.

### Bibliographic list

1. General quality management : textbook / ed. by O. P. Gludkina. — M. : Hot line — telecom, 2001.
2. Dlin, A. Yu. Factor analysis. — M. : Statistics, 1975.