

Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации деталей машин

Канд. техн. наук Н. Ж. ШКАРУБА (РГАУ — МСХА им. К. А. Тимирязева, nina_sh@mail.ru)

Аннотация. Рассмотрены особенности ошибок контроля 1-го и 2-го рода при дефектации деталей машин в ремонтном производстве. Предложен новый подход к оценке влияния погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации. На основании предложенного подхода распределены параметры разбраковки при дефектации деталей машин. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: погрешность измерения, контроль размера отверстий, дефектация деталей, исправимый брак, неисправимый брак, вероятность появления брака.

Influence of measurement errors on the results of grading during inspection of machine parts

N. Zh. SHKARUBA (Russian State Agrarian University — Moscow K. A. Timiryazev Agricultural Academy, nina_sh@mail.ru)

Summary. The features of occurrence of control errors of the first and second kinds during inspection of machine parts in maintenance service are considered. New approach to the assessment of influence of measurement errors on the results of grading during inspection of machine parts is proposed. On the basis of the proposed approach, the parametrization of grading during inspection of machine parts is determined. The analysis of the obtained results is performed.

Keywords: error of measurement, hole size control, inspection of parts, reparable reject, irreparable reject, probability of reject.

Дефектация деталей — неотъемлемая часть технологического процесса капитального ремонта машин. Она проводится с целью определения износа, отклонений и изменения размеров деталей [1]. Однако в процессе измерения всегда присутствует погрешность [2]. Для дефектации в ремонтном производстве используется достаточно широкая номенклатура универсальных средств измерения [3], которые удовлетворяют условиям выбора средств измерения [4], но имеют различные величины погрешности и стоимость [5]. Отличаются также трудоемкость работ и затраты на контроль [6].

Дефектация позволяет сократить расходы на капитальный ремонт. Качество проведения этой операции зависит от многих факторов, главный из которых — погрешности применяемых средств измерения [7].

Погрешность разбраковки (параметры разбраковки), т. е. вероятность неправильного принятия или забракования деталей, принято оценивать по РД 50-95—86 [8]. Но для дефектации предложенная в этом документе методика непригодна, так как проводимые при дефектации измерения имеют ряд существенных отличий. Во-первых, зона рассеяния размеров изношенных дета-

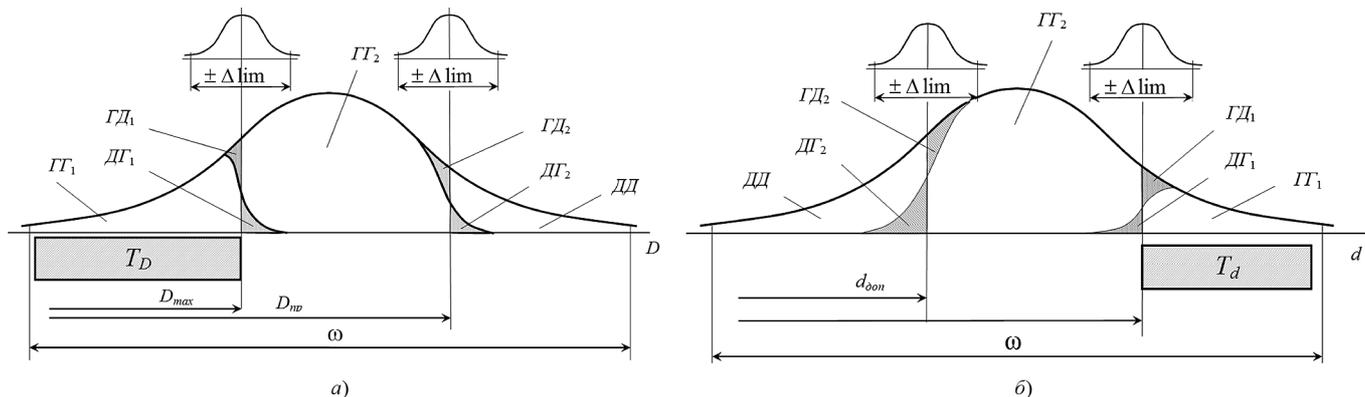


Рис. 1. Схема дефектации деталей типа "отверстие" (а) и "вал" (б):

ω — зона рассеяния диаметров изношенных деталей; T_D — технологический допуск на изготовление отверстия; T_d — технологический допуск на изготовление вала; $\pm \Delta \text{lim}$ — допускаемая погрешность применяемого средства измерения

лей значительно шире, чем у новых и восстановленных [9]. Во-вторых, центр рассеяния размеров изношенных деталей смещен относительно центра поля допуска и может находиться вне его. Кроме того, контроль при дефектации, как правило, односторонний, т. е. контролируется один из предельных размеров (для отверстий — наибольший, для валов — наименьший).

Рассмотрим подробно схему дефектации деталей типа "отверстие", представленную на рис. 1, а.

Диаметр отверстия в результате износа увеличивается, поэтому центр рассеяния размеров изношенных отверстий сдвигается вправо (в сторону неисправного брака) относительно центра поля допуска. При дефектации отверстия сортируются на следующие три группы.

1. Отверстия, диаметры которых не превышают наибольший допустимый диаметр D_{max} . Эти детали допустимы к дальнейшей эксплуатации (размер лежит в пределах допуска). Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, а обозначена как $ГГ_1$.

2. Отверстия, диаметры которых вышли за рамки допустимого, но не превысили предельный диаметр $D_{\text{пр}}$. Эти детали требуют восстановления. Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, а обозначена как $ГГ_2$.

3. Отверстия, диаметры которых вышли за рамки предельного. Эти детали сдают в утиль. Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, а обозначена как $ДД$.

В результате влияния погрешностей средств измерения часть деталей, размеры которых находятся рядом с контрольными границами, из одной группы может быть ошибочно отнесена в другую. На рис. 1, а вероятности появления таких деталей обозначены следующим образом: $ГД_1$ — отверстия, диаметр которых не превышает D_{max} , ошибочно отнесенные к требующим восстановления; $ДГ_1$ — отверстия, требующие восстановления, ошибочно отнесенные к допустимым к дальнейшей эксплуатации; $ГД_2$ — отверстия, требующие восстановления, ошибочно отнесенные к деталям, размеры которых превысили $D_{\text{пр}}$; $ДГ_2$ — отверстия, размеры которых пре-

высили $D_{\text{пр}}$, ошибочно отнесенные к требующим восстановления.

Рассмотрим схему дефектации деталей типа "вал", представленную на рис. 1, б. В результате износа диаметр вала уменьшается, поэтому центр рассеяния размеров изношенных валов сдвигается влево (в сторону неисправного для вала брака) относительно центра поля допуска. При дефектации валы, как и отверстия, сортируются на три группы.

1. Валы, размеры которых больше минимального допустимого диаметра d_{min} . Эти детали допустимы к дальнейшей эксплуатации (размер лежит в пределах поля допуска). Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, б обозначена как $ГГ_1$.

2. Валы, диаметры которых вышли за рамки допустимого, но не меньше предельного диаметра $D_{\text{пр}}$. Эти детали требуют восстановления. Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, б обозначена как $ГГ_2$.

3. Валы, диаметры которых меньше предельного. Эти детали сдают в утиль. Площадка, характеризующая вероятность их появления, на рис. 1, б обозначена как $ДД$.

Площадки, характеризующие вероятности появления ошибочно забракованных или принятых валов, на рис. 1, б обозначены следующим образом: $ГД_1$ — валы, диаметр которых меньше d_{min} , ошибочно отнесенные к требующим восстановления; $ДГ_1$ — валы, требующие восстановления, ошибочно отнесенные к допустимым к дальнейшей эксплуатации; $ГД_2$ — валы, требующие восстановления, ошибочно отнесенные к деталям, размеры которых меньше $D_{\text{пр}}$; $ДГ_2$ — валы, размеры которых меньше $D_{\text{пр}}$, ошибочно отнесенные к требующим восстановления.

Значения параметров разбраковки не могут быть определены по методике [8], поскольку параметры разбраковки при смещении центра рассеяния размеров за границы поля допуска будут отличаться от значений при смещении центра рассеяния внутри допуска.

Для описания параметров разбраковки при дефектации деталей машин предлагаются следующие формулы.

Вероятность того, что детали типа "отверстие" с износом меньше допустимого попадут в группу деталей, не подлежащих восстановлению, определяется интегралом:

$$P_{D_{\text{ГД}}} = \int_{x_D^H}^{x_D^B} f(x) \int_{x_D^H-x}^{x_D^B-x} \varphi(\gamma) d\gamma dx, \quad (1)$$

где x_D^B , x_D^H — верхняя и нижняя границы поля допуска детали типа "отверстие"; $f(x)$ — плотности распределения измеряемого параметра; $\varphi(\gamma)$ — погрешности измерений.

Вероятность того, что детали типа "отверстие" с износом, превышающим допустимый, будут признаны годными, определяется интегралом:

$$P_{D_{\text{ДГ}}} = \int_{x_D^B}^{+\infty} f(x) \int_{x_D^H-x}^{x_D^B-x} \varphi(\gamma) d\gamma dx. \quad (2)$$

Для валов интегралы будут выглядеть аналогично. Выражения (1) и (2) представляют собой произведения двух определенных интегралов. Причем границы второго интеграла зависят от переменной функции первого.

Для решения задачи разработаны компьютерные программы расчета вероятностных характеристик численным методом в среде Delphi 7. С помощью компьютерной программы получены зависимости вероятностей параметров забраковки при дефектации. Исходные данные для расчета интегралов: законы распределения измеряемого параметра и погрешности измерения, границы поля допуска контролируемой детали и величина сдвига центра рассеяния размеров относительно центра поля допуска.

Рассмотрим решение поставленной задачи на примере нормального распределения.

Контрольная граница зоны распределения размеров деталей в единицах среднеквадратического отклонения относительно центра распределения:

$$X_K = (0,5T + a) / \sigma_x, \quad (3)$$

где T — допуск на контролируемый параметр; σ_x — среднеквадратическое отклонение распределения размеров деталей; a — сдвиг центра распределения размеров деталей относительно центра поля допуска; $a = 0,5T - X_{\text{ср}}$.

На основе полученных расчетных данных построены графики зависимостей параметров забраковки при дефектации деталей машин (рис. 2).

Из графиков на рис. 2 видно, что наибольшее влияние на количество неправильно принятых или забракованных деталей при дефектации оказывают погрешности средств измерения σ_γ , а не отношение допуска контролируемого параметра к среднеквадратическому отклонению. Кроме того, наблюдается следующая закономерность: при прочих равных условиях количество

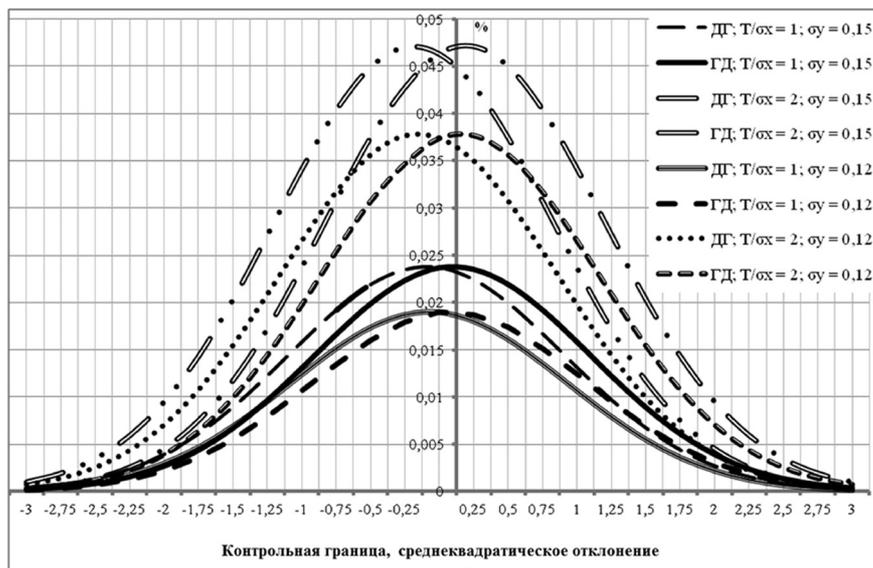


Рис. 2. Распределение параметров забраковки при дефектации деталей машин:

ДГ — дефектные детали, принятые как годные, %; ГД — ошибочно забракованные годные детали, %; T — допуск на контролируемый параметр; σ_x — среднеквадратическое отклонение распределения размеров контролируемого параметра; σ_γ — среднеквадратическое отклонение погрешности измерения

годных деталей, ошибочно отнесенных к дефектным, всегда больше, чем дефектных, принятых как годные.

Полученную методику можно использовать в технико-экономической оптимизации выбора средств измерения при дефектации деталей машин в ремонтном производстве [10].

Литература и источники

1. **Леонов О. А.** Микрометраж и дефектация деталей авто-тракторных двигателей. — М.: Изд-во МГАУ, 1995.
2. **Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж.** Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2013, № 2.
3. **Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж.** Методы и средства измерений. — М.: Изд-во МГАУ, 2014.
4. **Леонов О. А.** и др. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации. — М.: Изд-во МГАУ, 2011.
5. **Леонов О. А.** и др. Экономика качества, стандартизации и сертификации. — М.: ИНФРА-М, 2014.
6. **Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж.** Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2004, № 5.
7. **Леонов О. А.** и др. Оценка качества измерительных процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2013, № 2.
8. **РД 50-98-86.** Методические указания. Выбор универсальных средств измерения линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051-81). — М.: Изд-во стандартов, 1986.
9. **Шкаруба Н. Ж.** Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерения при ремонте сельскохозяйственной техники: Монография. — М.: Изд-во МГАУ, 2009.
10. **Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж.** Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. — 2012, № 2.