

ВЫБОР УНИВЕРСАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЯ ПРИ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ

THE CHOICE OF UNIVERSAL MEASURING INSTRUMENTS FOR MONITORING THE CYLINDER LINERS OF THE ENGINE DURING SELECTIVE ASSEMBLY

О.А. ЛЕОНОВ, д.т.н.
У.Ю. АНТОНОВА

РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия,
ulkabr07@mail.ru

O.A. LEONOV, DSc in Engineering
U.YU. ANTONOVA

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy, Moscow, Russia, ulkabr07@mail.ru

Вопросы обеспечения качества единичного и мелкосерийного машиностроительного производства, в том числе ремонта машин, в настоящее время являются актуальными в силу ряда объективных и субъективных факторов, которые связаны с культурой проектирования и производства машин. Целью исследования является изучение вопроса влияния погрешности измерений на формирование рассеяния размеров гильз цилиндров двигателя ЯМЗ при селективной сборке с учетом выявления количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, а также определение вероятностной величины выхода измеряемого параметра за каждую границу допуска у неправильно принятых изделий. Выбор средств измерений для обеспечения необходимой точности является комплексной задачей и должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86. Для анализа формирования распределения размеров в процессе селективной сборки гильз цилиндров двигателей ЯМЗ были выбраны нутромеры индикаторные с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм, первый настраивался по концевым мерам 1 класса (погрешность 6,5 мкм), а второй настраивался по установочным кольцам (погрешность 4 мкм). Анализ полученных данных по рассеянию размеров свидетельствует о том, что процесс обработки гильзы можно считать неудовлетворительным, так как имеется исправимый брак – 4 % и неисправимый брак – 2 %, зона рассеяния смещена в сторону исправимого брака, что характеризует хорошую квалификацию рабочих, выполняющих данную операцию. При использовании нутромера с погрешностью 6,5 мкм количество неправильно вышедших из группы или забракованных деталей на 4,95 % больше, а количество неправильно принятых деталей на 4,7 % больше, чем при использовании нутромера с погрешностью 4 мкм. Таким образом, при выборе средства измерений для контроля качества обработки гильз цилиндров двигателей ЯМЗ в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного производства из предлагаемой номенклатуры универсальных средств измерений линейных размеров следует использовать самое точное – нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по установочным кольцам. Это приведет к значительному снижению количества неправильно принятых в группу и неправильно вышедших из группы или забракованных деталей, что, в свою очередь, отразится не только на качестве последующей сборки соединения, но и на экономике предприятия.

Ключевые слова: точность, допуск, погрешность средства измерений, селективная сборка, гильза цилиндра, неправильно забракованные и неправильно принятые изделия.

The issues of ensuring the quality of single and small-scale machine-building production, including machine repairs, are currently relevant due to a number of objective and subjective factors that are related to the culture of designing and manufacturing machines. The purpose of the research is to study the influence of the measurement error on the formation of the scattering of the cylinder liner sizes of the YaMZ engine during selective assembly, taking into account the number of incorrectly received and incorrectly rejected parts, as well as determining the probabilistic value of the output of the measured parameter for each tolerance limit for incorrectly accepted products. The choice of measuring instruments to ensure the necessary accuracy is a complex task and should be carried out in accordance with the requirements of GOST 8.051-81 and RD 50-98-86. To analyze the formation of the size distribution in the process of selective assembly of the cylinder liners of YaMZ engines, the indicator gauges were selected with a value of 0,001 mm, the first was adjusted for the end measures of class 1 (error of 6.5 micrometers), and the second was tuned to the mounting rings. An analysis of the data obtained on the scattering of dimensions indicates that the process of processing the liner can be considered unsatisfactory, since there is a correctable defective products of 4 % and an unrecoverable defective products of 2 %, the scattering zone is shifted toward corrected defective products, which characterizes the good qualifications of the workers performing this operation. When using a caliper with an accuracy of 6,5 micrometers number incorrectly, or out-of-band defective parts on more than 4,95 %, and the number of incorrectly received parts of 4,7 % more than when using a caliper with an accuracy of 4 micrometers. Thus, when choosing a measuring instrument to control the quality of the cylinder liners of YaMZ engines under the conditions of a single, small-scale and repair production, the most precise one should be used from the proposed nomenclature of universal measuring instruments of linear dimensions, with a sampling unit 0,001 mm in value for setting rings. This will lead to a significant decrease in the number of incorrectly accepted groups and incorrectly left from the group or rejected parts, which in turn will affect not only the quality of the subsequent assembly of the connection, but also the economy of the enterprise.

Keywords: accuracy, tolerance, measurement instrument error, selective assembly, cylinder liner, incorrectly rejected and incorrectly received products.

Введение

Качество единичного и мелкосерийного машиностроительного производства, в том числе ремонта машин [1], в настоящее время низкое в силу ряда объективных факторов [2], которые связаны с культурой проектирования и производства, заложенной еще при социализме [3]. Требуемая точность посадок в сборочных единицах техники, выраженная квалитетами [4], не обеспечивается реальным технологическим оборудованием как при единичном производстве, так и при ремонте машин [5]. Требования к метрологическому обеспечению работ в машиностроении и при техническом обслуживании и ремонте машин постоянно совершенствуются и в настоящее время представляют собой комплекс мероприятий, которые направлены на обеспечение единства измерений и требуемой точности [6]. Соблюдение точности измерений приводит к снижению таких составляющих затрат на качество [7], как затраты на измерения [8], потери от внутреннего и внешнего брака [9]. Но в номенклатуре универсальных средств измерений, которые широко применяются в единичном и мелкосерийном производстве и при ремонте машин, присутствуют обычно несколько приборов, которые удовлетворяют указанным требованиям [10]. Возникает вопрос, какое из них нужно выбрать, особенно для такого ответственного процесса, как сортировка по группам селекции обработанных под ремонтный размер гильз цилиндров.

Цель исследований

Целью исследования является изучение вопроса влияния погрешности измерений на формирование рассеяния размеров гильз цилиндров двигателя ЯМЗ при селективной сборке с учетом выявления количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, а также определение вероятностной величины выхода измеряемого параметра за каждую границу допуска у неправильно принятых изделий.

Существующие методики

Выбор средств измерений (СИ) для обеспечения необходимой точности является комплексной задачей и должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 8.051–81 и РД 50-98-86 [11].

СИ выбирают с учетом метрологических и экономических факторов [12]. На выбор СИ влияет и программа производства [13]. Для массового производства обычно применяют оригинальные высокопроизводительные СИ с высокой степенью автоматизации и роботизации, а для мелкосерийного и единичного – универсальные СИ.

Рассеяние погрешности измерения накладывается на зону рассеяния действительных размеров, и возникает неопределенность при принятии решения – годное изделие или бракованное. Под влияние наложения рассеяний попадают действительные размеры изделия, которые находятся около границ поля допуска. Взаимосвязь между допуском T , параметрами рассеяния действительных размеров изделия (зоной рассеяния $\omega_{\text{тех}}$ и среднеквадратическим отклонением $\sigma_{\text{тех}}$) и рассеянием самой погрешности измерения Δ при распределении их по закону нормального распределения представлена на рис. 1.

Конкретное СИ выбирают из таблиц так, чтобы предельная погрешность измерения Δ_{lim} была не более допускаемой нормируемой погрешности измерения Δ [14]:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \Delta. \quad (1)$$

Влияние погрешности измерения на результаты разбраковки оценивают следующими параметрами (рис. 1) [15]:

- m (m_1) – число неправильно принятых изделий в процентах от общего числа измеренных (числа принятых);
- n (n_1) – число неправильно забракованных изделий в процентах от общего числа измеренных (числа годных);

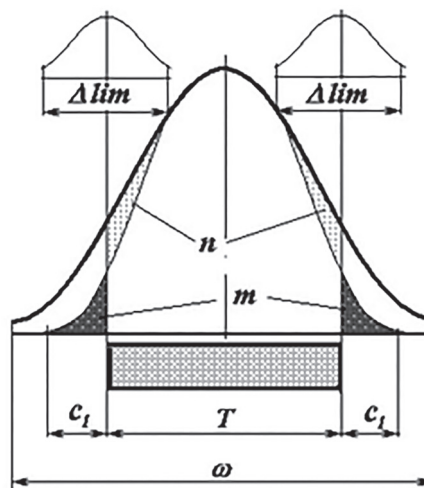


Рис. 1. Схема контроля

– $c(c_1)$ – вероятностная величина выхода измеряемого параметра за каждую границу допуска у неправильно принятых изделий (от числа принятых деталей).

Наиболее целесообразно в расчетах использовать относительную величину [15]:

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = (\sigma_{\text{мет}} / T) \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $A_{\text{мет}}(\sigma)$ – относительная погрешность измерения (коэффициент точности измерений); $\sigma_{\text{мет}}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения $\sigma_{\text{мет}} = \Delta \text{lim} / 2$; T – допуск контролируемого параметра.

Средства и методы исследований

Для анализа формирования распределения размеров в процессе селективной сборки гильз цилиндров двигателей ЯМЗ были выбраны следующие средства измерений:

– нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по концевым мерам 1 класса $\Delta \text{lim}_{(1)} = \pm 6,5$ мкм;



Рис. 2. Рассеяние размеров отверстий гильз цилиндров двигателя ЯМЗ диаметром $D = 130^{+0,06}$ мм

– нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по установочным кольцам $\Delta \text{lim}_{(2)} = \pm 4$ мкм.

Гильзы цилиндров измерялись в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в двух сечениях – в верхнем и нижнем. Высчитывался средний размер, который принимался как действительный размер детали.

Определение количества неправильно забракованных деталей от количества годных, количества неправильно принятых деталей от количества принятых, предельной величины выхода размера за границу поля допуска производились по методике, описанной в работе [15].

Результаты и обсуждение

В начале исследований был произведен замер партий гильз цилиндров в количестве 100 штук. Результаты измерений представлены в виде гистограммы, полигона и теоретической кривой распределения на рис. 2.

Анализ полученных данных представлен в табл. 1, откуда видно, что процесс обработки гильзы можно считать неудовлетворительным, так как имеется определенное количество исправимого брака – 4 % и неисправимого брака – 2 %, зона рассеяния смещена в сторону исправимого брака, что характеризует хорошую квалификацию рабочих, выполняющих данную операцию.

Среднее квадратическое отклонение погрешности измерения для СИ1:

$$\sigma_{\text{мет}(1)} = \frac{\Delta \text{lim}_{(1)}}{2} = \frac{6,5}{2} = 3,25 \text{ мкм.}$$

Среднее квадратическое отклонение погрешности измерения для СИ2:

$$\sigma_{\text{мет}(2)} = \frac{\Delta \text{lim}_{(2)}}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ мкм.}$$

Таблица 1

Распределение количества деталей по группам селекции

| Группа | Размер с отклонениями | Количество деталей | Теоретическая вероятность |
|-------------------|--------------------------|--------------------|---------------------------|
| I | $130^{+0,02}$ мм | 32 | 0,274 |
| II | $130^{+0,04}_{+0,02}$ мм | 38 | 0,446 |
| III | $130^{+0,06}_{+0,04}$ мм | 24 | 0,202 |
| Исправимый брак | Менее 130,00 мм | 4 | 0,047 |
| Неисправимый брак | Более 130,06 мм | 2 | 0,025 |

По методике, изложенной в работе [15], определено количество неправильно забракованных деталей (n , %) от количества годных, количество неправильно принятых деталей (m , %) от количества принятых и предельную величину выхода размера за границу поля допуска (c , мкм).

Полученные данные сведены в табл. 2

Из табл. 2 видно, что в результате действия погрешности измерений при измерении нутромером НИ-160-0,001 при настройке по концевым мерам 1 кл. с погрешностью 6,5 мкм:

- часть деталей – 4,75 % из годных второй группы попадает в третью, а другая часть – 4 % – из третьей во вторую;
- часть деталей – 7,6 % из годных второй группы попадает в первую, а из первой во вторую попало 7,7 % деталей;
- в исправимый брак неправильно забракованных деталей попало 1,9 %;
- в неисправимый брак неправильно забракованных попало 0,45 % деталей;
- количество неправильно принятых деталей (попавших из брака в годные) в первой группе 1,35 %, в третьей – 0,2 %.

Суммарное количество неправильно принятых в группу деталей составило 13,25 %, неправильно вышедших из группы или забракованных – 14,7 %. Наибольшая величина выхода измеряемого параметра за границу допуска $c = 2,28$ мкм.

В результате действия погрешности измерений при измерении нутромером НИ-160-0,001 при настройке по установочным кольцам 1 кл. с погрешностью 4 мкм:

- из первой группы во вторую попало 5 % деталей;
- из второй группы в первую – 5,25 % деталей;

– из второй группы в третью попало 2,85 %, из третьей во вторую – 2,9 %;

– неправильно принятых деталей в первой группе составило 0,45 % деталей, в третьей – 0,2 %;

– в исправимый брак неправильно забракованных деталей попало 1,25 % деталей, в неисправимый брак – 0,4 %.

Суммарное количество неправильно принятых деталей составило 8,55 %, неправильно вышедших из группы или забракованных – 9,75 %.

Наибольшая величина выхода измеряемого параметра за границу допуска $c = 1,75$ мкм.

Таким образом, при использовании средства измерения с погрешностью 6,5 мкм количество неправильно вышедших из группы или забракованных деталей на 4,95 % больше, количество неправильно принятых деталей на 4,7 % больше, чем при использовании средства измерения с погрешностью 4 мкм.

В технических требованиях на капитальный ремонт двигателей ЯМЗ для контроля обработки гильз цилиндров под ремонтный размер предлагается использовать нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм, и при настройке по установочным кольцам будет погрешность $\Delta_{lim} = \pm 10$ мкм, а по концевым мерам – $\Delta_{lim} = \pm 15$ мкм. При таких значениях погрешностей количество неправильно принятых деталей и неправильно вышедших из группы или забракованных возрастет минимум в два раза.

Выводы

Таким образом, при выборе средства измерений для контроля качества обработки гильз цилиндров двигателей ЯМЗ в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного

Таблица 2

Определение параметров разбраковки гильз цилиндров при использовании нутромера индикаторного с различной точностью настройки

| Расстояние от середины поля допуска до границы соответствующей группы $2t$, мм | Коэффициент точности измерений $A_{мет}$, % | | Количество неправильно забракованных деталей n , % | | Количество неправильно принятых деталей m , % | | Величина выхода измеряемого параметра за границу допуска c , мм | |
|---|--|-------|--|------|---|------|---|----------|
| | СИ1 | СИ2 | СИ1 | СИ2 | СИ1 | СИ2 | СИ1 | СИ2 |
| 0,0152 | 21,38 | 13,16 | 7,6 | 5,25 | 7,7 | 5 | 0,00228 | 0,001748 |
| 0,0248 | 13,10 | 8,06 | 4,75 | 2,85 | 4 | 2,9 | 0,002852 | 0,001488 |
| 0,0552 | 5,88 | 3,62 | 1,9 | 1,25 | 1,35 | 0,45 | 0,00207 | 0,001932 |
| 0,0648 | 5,01 | 3,09 | 0,45 | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,0015552 | 0,001555 |
| Сумма | – | – | 14,7 | 9,75 | 13,25 | 8,55 | – | – |

производства из предлагаемой номенклатуры универсальных средств измерений линейных размеров следует использовать самое точное – нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по установочным кольцам, при этом погрешность измерений будет наименьшая: ± 4 мкм. Это приведет к значительному снижению количества неправильно принятых в группу и неправильно вышедших из группы или забракованных деталей, что, в свою очередь, отразится не только на качестве последующей сборки соединения, но и на экономике предприятия.

Литература

1. Леонов О.А., Бондарева Г.И., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 3. С. 30–32.
2. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2005. № 1. С. 9–12.
3. Бондарева Г.И. и др. Составляющие качества ремонта // Сельский механизатор. 2016. № 7. С. 2–4.
4. Бондарева Г.И. и др. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39–42.
5. Леонов О.А., Селезнева Н.И. Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 5. С. 64–67.
6. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Управление качеством метрологического обеспечения предприятий // Сборник научных докладов ВИМ. 2012. Т. 2. С. 412–420.
7. Бондарева Г.И. и др. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК // Сельский механизатор. 2016. № 4. С. 34–35.
8. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2004. № 5. С. 75–77.
9. 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. С. 71–74.
10. Шкаруба Н.Ж. Технико-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники. М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. 118 с.
11. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация. М.: Издательство КолосС, 2009. 568 с.
12. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Результаты экономической оптимизации выбора средств измерений при контроле качества технологических процессов в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2007. № 5. С. 109–112.
13. Шкаруба Н.Ж. Разработка комплексной методики выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники: дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 2006. 156 с.
14. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2012. № 2. С. 89–91.
15. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Темасова Г.Н. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации. М.: МГАУ, 2011. 120 с.

References

1. Leonov O.A., Bondareva G.I., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Quality of agricultural machinery and control in its production and repair. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016. No 3, pp. 30–32 (in Russ.).
2. Erokhin M.N., Leonov O.A. Features of ensuring the quality of repair of agricultural machinery at the present stage. *Vestnik FGOU VPO MGAU*. 2005. No 1, pp. 9–12 (in Russ.).
3. Bondareva G.I. i dr. Components of quality of repair. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No 7, pp. 2–4 (in Russ.).
4. Bondareva G.I. i dr. Changes in the standard of the uniform system of tolerances and landings. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016. No 12, pp. 39–42 (in Russ.).
5. Leonov O.A., Selezneva N.I. Technical and economic analysis of the condition of technological equipment at technical service enterprises in the agro-industrial complex. *Vestnik FGOU VPO MGAU*. 2012. No 5, pp. 64–67 (in Russ.).
6. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Quality management of metrological support of enterprises. *Sbornik nauchnykh dokladov VIM*. 2012. Vol. 2, pp. 412–420 (in Russ.).
7. Bondareva G.I. i dr. Efficiency of quality system introduction at the enterprises of technical service of agroindustrial complex. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No 4, pp. 34–35 (in Russ.).
8. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Calculation of costs for the control of technological processes of repair

- production. Vestnik FGOU VPO MGAU. 2004. No 5, pp. 75–77 (in Russ.).
9. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Investigation of costs and losses in the control of the crankshaft necks in the conditions of repair production. Vestnik FGOU VPO MGAU. 2013. No 2, pp. 71–74 (in Russ.).
 10. Shkaruba N.Zh. Tekhniko-ekonomicheskie kriterii vybora universal'nykh sredstv izmereniy pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Technical and economic criteria for selecting universal measuring instruments for the repair of agricultural machinery]. Moscow: FGOU VPO MGAU, 2009. 118 p.
 11. Leonov O.A., Karpuzov V.V., Shkaruba N.Zh., Kisenkov N.E. Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya [Metrology, standardization and certification]. Moscow: Izdatel'stvo KolosS Publ., 2009. 568 p.
 12. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. The results of economic optimization of the choice of measuring instruments for quality control of technological processes in the repair industry. Vestnik FGOU VPO MGAU. 2007. No 5, pp. 109–112 (in Russ.).
 13. Shkaruba N.Zh. Razrabotka kompleksnoy metodiki vybora sredstv izmereniy lineynykh razmerov pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: diss. ... kand. tekhn. nauk [Development of a comprehensive methodology for selecting linear measuring instruments for the repair of agricultural machinery: dissertation for degree of Candidate of Technical Sciences]. Moskva, 2006. 156 p.
 14. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Algorithm for selecting measuring instruments for quality control according to technical and economic criteria. Vestnik FGOU VPO MGAU. 2012. No 2, pp. 89–91 (in Russ.).
 15. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Temasova G.N. Kursovoe proektirovanie po metrologii, standartizatsii i sertifikatsii [Course work for metrology, standardization and certification]. Moscow: MGAU Publ., 2011. 120 p.