

УДК 658.562.4

О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, У. Ю. Антонова

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К. А. Тимирязева»,
Российская Федерация, 127550 Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, +7 (499) 976 44 74, metr@rgau-msha.ru

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ПРИ РЕМОНТЕ ДИЗЕЛЕЙ

В работе рассмотрено, что погрешность измерения, имеющая определенное рассеяние, накладывается на зону рассеяния контролируемых размеров в результате формируется вероятность ошибок при принятии решения о годности изделия. Под влияние наложения рассеяний попадают контролируемые размеры изделия, которые ближе к границам полей допусков. Особенно данный фактор важен при разбиении деталей на группы селекции, где контроль осуществляется не по краям зоны рассеяния размеров изделия, а по ее секторам, и ошибки первого и второго рода здесь достаточно велики. Доказано, что при выборе средства измерений для контроля качества гильз цилиндров в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного производства, из предлагаемой номенклатуры универсальных средств измерений линейных размеров следует использовать самое точное. Для двигателей ММЗ используется нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм для условий настройки по установочным кольцам, при этом погрешность измерений будет наименьшая. Уменьшение погрешности средств измерений приводит к значительному снижению количества неправильно принятых в группу и неправильно вышедших из группы или забракованных деталей, что, в свою очередь, отражается не только на качестве последующей сборки соединения, но и на экономике предприятия.

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

Табл. 2. Рис. 2. Библиогр.: 14 назв.

O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba, Y. G. Vergasova, W. Y. Antonova

Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academ, Russia, 127550 Moscow,
49 Timiryazevskaya Str. ,+7 (499) 976 44 74, metr@rgau-msha.ru

METROLOGICAL ASSURANCE OF CONTROL OF CYLINDER LINERS IN THE REPAIR OF DIESEL ENGINES

The paper considers that the measurement error with a certain scattering is superimposed on the scattering zone of controlled dimensions and the probability of errors is formed when deciding on the suitability of the product. Controlled dimensions of the part that are closer to the limits of tolerance fields fall under the influence of scattering superposition. This factor is especially important when splitting parts into selection groups, where the control is carried out not at the edges of the area of dispersion of the product dimensions, and its sectors, and the errors of the first and second kind are large enough. It is proved that when choosing a measuring instrument for quality control of cylinder liners processing in the conditions of single, small-scale and repair production, the most accurate of the offered nomenclature of universal measuring instruments of linear dimensions should be used. In this example this is — caliper indicator with a scale division of the device reading 0.001 mm for the conditions of the settings on the installation the rings, the measurement error will be smallest. Reducing the error of measuring instruments leads to a significant reduction in the number of incorrectly accepted into the group and incorrectly left the group or rejected parts, which, in turn, affects not only the quality of the subsequent Assembly of the compound, but also on the economy of the enterprise.

Key word: accuracy; tolerance; measurement error; selective Assembly; cylinder liner; incorrectly rejected and incorrectly accepted products.

Table 2. Fig. 2. Ref.: 14 titles.

Введение. 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. Уровень качества, обеспечиваемый массовым и крупносерийным производством, гораздо выше уровня качества единичного и мелкосерийного производства и ремонта машин [1]. Это объясняется целым рядом объективных факторов [2], главные из которых — экономические показатели рентабельности: на полученную прибыль малые предприятия не могут обновить станочный парк, а на оборотные средства — приобретать оригинальные материалы и запчасти, иметь высококвалифицированных рабочих [3]. Требуемая точность размеров в узлах и агрегатах машин, которая в технической документации отражается квалитетами и допусками [4], плохо формируется старым и изношенным технологическим оборудованием, применяемым при изготовлении и ремонте техники в условиях мелкосерийного производства [5].

Метрологическое обеспечение контроля в машиностроении — один из главнейших барьеров, который реально не позволяет пропустить брак на сборку. Оно включает в себя два важнейших элемента — единство измерений и обеспечение требуемой точности контроля. Повышение точности контроля приводит к уменьшению составляющих затрат на качество [6], а именно затрат от внутреннего и внешнего брака [7]. Номенклатура универсальных средств измерений, нашедших широкое применение в мелкосерийном производстве и при ремонте машин, включает в себя чаще всего несколько приборов, которые могут удовлетворить требованиям выбора средств измерений. В настоящей работе рассматривается целесообразность выбора того или иного средства контроля, включая ответственный процесс сортирования в группы селекции гильз цилиндров, как поступивших в виде запасных частей, так и обработанных под ремонтный размер. Подчеркнем, что это важно именно при селекции, где контроль осуществляется не по краям зоны рассеяния размеров изделия, а по ее секторам, и ошибки первого и второго рода здесь достаточно велики.

Основная часть. Цель исследований состоит в изучении степени влияния погрешности измерений на зону рассеяния размеров гильз цилиндров в процессе обработки и контроля при групповой взаимозаменяемости, формирования при этом количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, а также определения вероятностной величины выхода за каждую границу поля допуска у неправильно принятых размеров гильз.

Существующие методики. В настоящее время выбор средств измерений линейных размеров при допусковом контроле рассматривается технологами как простая задача, при проведении которой необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86 [8].

Средства измерений выбирают с учетом точностных и метрологических характеристик объекта контроля [9]. Программа производства также оказывает влияние на выбор средств измерений [10]. При массовом производстве обычно используют оригинальные высокопроизводительные средства измерений или калибры с элементами роботизации и автоматизации, а при мелкосерийном и единичном — универсальные средства измерений.

Погрешность измерения, имея определенное рассеяние, накладывает на зону рассеяния контролируемых размеров, в результате формируется вероятность ошибки при принятии решения о годности изделия. Под влияние наложения рассеяний попадают контролируемые размеры изделия, которые ближе к границам полей допусков. Рассмотрим схему такого наложения (рисунок 1), где показан допуск T , параметры, характеризующие

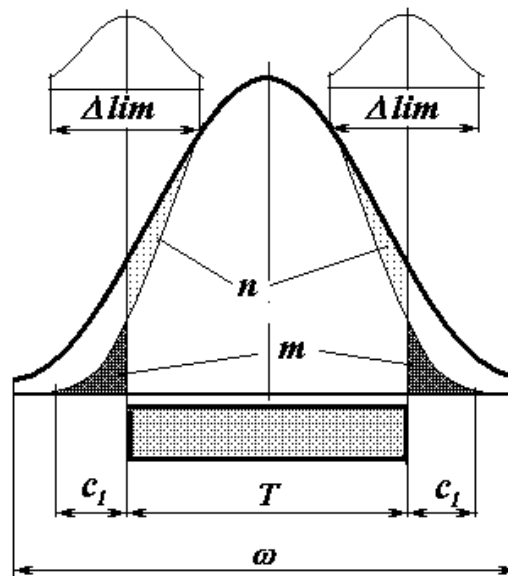


Рисунок 1. — Схема контроля

рассеяние контролируемых размеров изделия, — зона рассеяния $\omega_{\text{тех}}$ и среднее квадратическое отклонение $\sigma_{\text{тех}}$, а также рассеяние погрешности измерения Δ , при условии распределения этих рассеяний по закону нормального распределения.

Конкретное средство измерений при допусковом контроле выбирают так, чтобы предельная погрешность измерения Δ_{lim} была не более допускаемой нормируемой погрешности измерения Δ [11], т. е. $\Delta_{\text{lim}} \leq \Delta$.

Влияние рассеяния погрешности измерения на формирование результатов разбраковки оценивают следующими параметрами (см. рисунок 1) [12]:

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);

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

Наиболее рационально при определении вышеперечисленных параметров использовать относительную величину [12]:

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

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 на контролируемый размер.

Объект, средства и методы исследований. В качестве объекта исследований были выбраны гильзы цилиндров дизелей ММЗ. В технических требованиях на текущий и капитальный ремонт при контроле диаметров гильз цилиндров рекомендовано применять нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,01 мм. При настройке по установочным кольцам погрешность такого прибора Δ_{lim} равна ± 10 мкм, а по концевым мерам — $\Delta_{\text{lim}} = \pm 15$ мкм. Применение данного прибора неприемлемо, так как при таких значениях погрешностей количество неправильно принятых деталей и неправильно вышедших из группы или забракованных возрастет минимум в два раза. Следовательно, не выдерживается главный метрологический принцип, что средство измерений должно быть в три и более раз точнее, чем допуск измеряемого параметра.

Для нашего случая групповой допуск $T_{\text{гр}}$ равен 20 мкм, и контролировать его можно только средствами измерений, имеющими погрешность $\Delta_{\text{lim}} \leq 6,5$ мкм.

Для анализа формирования рассеяния диаметров гильз в процессе контроля с целью обеспечения групповой взаимозаменяемости гильз с поршнями были выбраны следующие средства измерений:

– нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по концевым мерам 1 класса $\Delta_{\text{lim}_1} = \pm 6,5$ мкм (обозначим — НИ1);

– нутромер индикаторный с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по установочным кольцам $\Delta_{\text{lim}_2} = \pm 4$ мкм (обозначим — НИ2).

Диаметры гильз цилиндров контролировались в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и в двух сечениях — в верхнем и нижнем. Определялся средний размер, который можно принять как действительный диаметр.

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 [13].

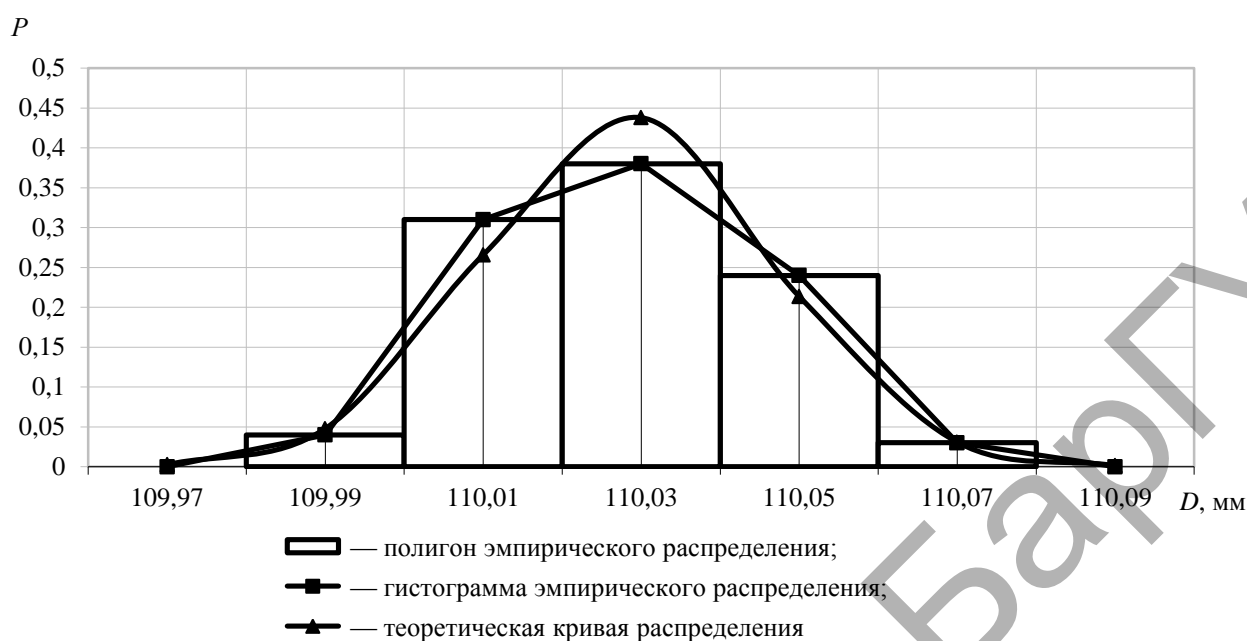


Рисунок 2. — Рассеяние диаметров отверстий гильз цилиндров двигателя ЯМЗ

Результаты и обсуждение. Для оценки рассеяния был произведен контроль партии гильз цилиндров в количестве 50 штук. Результаты контроля отражены в виде гистограммы, полигона и теоретической кривой распределения (рисунок 2).

Начальный анализ качества гильз цилиндров проведем с помощью коэффициента точности и настроенности технологического процесса [14].

Коэффициент точности обработки определяется по формуле

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

где S — среднеквадратическое отклонение рассеяния размеров.

При $K_T = 0,7 \dots 0,9$ процесс имеет низкую точность и не удовлетворяет требованиям.

Коэффициент настроенности процесса определяется по формуле

$$K_C = \frac{D_{\text{ср}} - \bar{X}}{2 \cdot T},$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний размер;

\bar{X} — среднее арифметическое значение по выборке.

При $|K_C| \leq 0,05$ процесс по настроенности считается хорошим.

Данные по анализу рассеяния сведены в таблицу 1, откуда видно, что технологический процесс обработки гильзы можно считать неудовлетворительным, так как коэффициент точности $K_T = 0,76$ и имеет место как исправимый брак в виде 4%, и неисправимый брак в виде 2%. Зона рассеяния размеров имеет смещение в сторону исправимого брака $K_C = -0,027$, что свидетельствует о приемлемой квалификации рабочих, которые выполняют данную операцию.

Т а б л и ц а 1. — Распределение гильз цилиндров по группам селекции

Группа селекции	Размер, мм	Количество деталей	Теоретическая вероятность
Исправимый брак	Менее 110,00	2	0,046
Группа М	110 ^{+0,02}	16	0,278
Группа С	110 ^{+0,04} +0,02	19	0,445
Группа Б	110 ^{+0,06} +0,04	12	0,201
Неисправимый брак	Более 110,06	1	0,027

Определяем количество неправильно забракованных деталей (n , %) от количества годных, количество неправильно принятых деталей (m , %) от количества принятых и предельные величины выхода размера за границу поля допуска (c , мкм) по методике [14] (таблица 2).

Т а б л и ц а 2. — Параметры разбраковки гильз цилиндров при использовании нутромера индикаторного с различной погрешностью измерений

Расстояние от середины поля допуска до границы соответствующей группы $2t$, мм	Количество неправильно забракованных деталей, n , %		Количество неправильно принятых деталей, m , %		Величина выхода измеряемого параметра за границу допуска, c , мкм	
	НИ1	НИ2	НИ1	НИ2	НИ1	НИ2
0,0152	7,6	5,2	7,7	4,9	2,28	1,75
0,0248	4,7	2,8	4,1	2,9	2,85	1,49
0,0552	1,9	1,2	1,3	0,4	2,07	1,93
0,0648	0,4	0,4	0,2	0,2	1,56	1,36
Сумма	14,6	9,6	13,2	8,4	—	—

Таким образом, при использовании более грубого нутромера с погрешностью $\Delta \text{lim}_1 = \pm 6,5$ мкм количество неправильно вышедших из группы или забракованных деталей на 5% больше, количество неправильно принятых деталей на 4,8% больше, чем при использовании более точного нутромера с погрешностью $\Delta \text{lim}_2 = \pm 4$ мкм.

Заключение. При выборе средства измерений для контроля качества обработки гильз цилиндров в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного производства из предлагаемой номенклатуры универсальных средств измерений линейных размеров следует использовать самое точное. В рассматриваемом примере это нутромер индикаторный (НИ) с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм при настройке по установочным кольцам, при этом погрешность измерений будет наименьшая: $\Delta \text{lim}_2 = \pm 4$ мкм. Если будет возможность заменить это средство измерений на более точное из разряда универсальных, то это необходимо сделать. Уменьшение погрешности средств измерений приводит к значительному снижению количества неправильно принятых в группу и неправильно вышедших из группы или забракованных деталей, что, в свою очередь, отражается не только на качестве последующей сборки соединения, но и на экономике предприятия.

Список цитируемых источников

1. Качество сельскохозяйственной техники и контроль при ее производстве и ремонте / О. А. Леонов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. — 2016. — № 3. — С. 30—32.
2. Ерохин, М. Н. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ. — 2005. — № 1. — С. 9—12.
3. Составляющие качества ремонта / Г. И. Бондарева [и др.] // Сельский механизатор. — 2016. — № 7. — С. 2—4.
4. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок / Г. И. Бондарева [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. — 2016. — № 12. — С. 39—42.
5. Леонов, О. А. Техничко-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О. А. Леонов, Н. И. Селезнева // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ. — 2012. — № 5. — С. 64—67.
6. Эффективность внедрения системы качества на предприятиях технического сервиса АПК / Г. И. Бондарева [и др.] // Сельский механизатор. — 2016. — № 4. — С. 34—35.
7. Леонов, О. А. Расчет затрат на контроль технологических процессов ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ. — 2004. — № 5. — С. 75—77.
8. Леонов, О. А. Исследование затрат и потерь при контроле шеек коленчатого вала в условиях ремонтного производства / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ. — 2013. — № 2. — С. 71—74.
9. Шкаруба, Н. Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники : монография / Н. Ж. Шкаруба. — М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. — 118 с.
10. Шкаруба, Н. Ж. Разработка комплексной методики выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники : дис. ... канд. техн. наук / Н. Ж. Шкаруба. — М., 2006.
11. Леонов, О. А. Алгоритм выбора средств измерений для контроля качества по технико-экономическим критериям / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Вестн. ФГОУ ВПО МГАУ. — 2012. — № 2. — С. 89—91.
12. Метрология, стандартизация и сертификация / О. А. Леонов [и др.]. — М. : КолосС, 2009. — 568 с.
13. Леонов, О. А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова. — М. : МГАУ, 2011. — 120 с.
14. Леонов, О. А. Статистические методы контроля и управления качеством / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова. — М., 2014. — 140 с.

Поступила в печать 18.05.2018