

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 621.815

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-39-45>



Методика оценки брака: процесс контроля коренных шеек коленчатых валов в ремонтном производстве

Г.Н. Темасова¹, О.А. Леонов², Н.Ж. Шкаруба³, Ю.Г. Вергазова⁴✉, А.В. Чепурин⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия

¹ temasova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0555-2758>

² oleonov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>

³ shkaruba@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2770-8442>

⁴ vergazova@rgau-msha.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>

⁵ av.tchepurin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0865-3263>

Аннотация. Действительный размер детали и погрешность измерения оказывают влияние на результаты допускового контроля в ремонтном производстве. Разработана математическая модель оценки брака по вероятностным характеристикам сортировки деталей, с учётом специфики ремонтного производства и смещения центра распределения относительно поля допуска. Проведена апробация математической модели оценки брака при обработке под ремонтный размер коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238. При неправильном забраковании и неправильном принятии коренных шеек характер потерь от брака будет различным. Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими неисправимый брак, будут направлены на утилизацию. Вместо них их будут приобретены новые валы, появятся потери от неправильного забракования слева от зоны рассеяния. Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими исправимый брак, отправляются на переделку. В этом случае потери на один коленчатый вал определяются себестоимостью переделки (это потери справа от зоны рассеяния). Неправильно принятые коленчатые валы с шейками, имеющими брак как слева, так и справа от зоны рассеяния, отправляются на сборку. В случае превышения границы наибольшего размера возможно проворачивание вкладышей, и тогда требуется переборка двигателя, что значительно увеличивает потери. При нарушении границы по нижнему размеру снизится ресурс вала, и потери возникнут только у потребителя. В отличие от существующей методики расчёта параметров сортировки, где зона рассеяния совпадает с серединой поля допуска, разработанная методика оценки брака при смещении зоны рассеяния относительно допуска позволила сформировать более дифференцированный и уточнённый методологический подход к оценке потерь при забраковке деталей при выполнении операций механической обработки деталей в ремонтном производстве.

Ключевые слова: методика оценки брака, потери, процесс контроля коленчатых валов, ремонтное производство, допусковый контроль, действительный размер детали, погрешность измерения, закон нормального распределения

Для цитирования: Темасова Г.Н., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Чепурин А.В. Методика оценки брака: процесс контроля коленчатых валов в ремонтном производстве // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 6. С. 39-45. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-39-45>

ORIGINAL PAPER

Methodology of evaluating rejects: inspection of crankshaft main journals in repair production**G.N. Temasova¹, O.A. Leonov², N.Zh. Shkaruba³, Yu.G. Vergazova⁴✉, A.V. Chepurin⁵**^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Timiryazevskaya; Moscow, Russia¹ temasova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0555-2758>² oaleonov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>³ shkaruba@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2770-8442>⁴ vergazova@rgau-msha.ru✉; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>⁵ av.tchepurin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0865-3263>

Abstract. Both the actual size of the part and measurement errors influence the results of tolerance control in repair production. For this purpose, the authors developed the mathematical model of reject estimation by probabilistic characteristics of parts sorting, taking into account the specifics of repair production and the shift of the distribution centre relative to the tolerance field. They tested and evaluated the mathematical model of rejects estimation at machining for repair size of crankshaft main journals of the YaMZ-238 engines. In case of incorrect rejection and incorrect acceptance of main bearing journals, the character of reject losses will be different. Incorrectly rejected crankshafts with journals having irreparable rejects will be sent for recycling. New crankshafts will be purchased to replace them, and there will be reject losses to the left of the scatter zone. Incorrectly rejected crankshafts with journals that have reparable rejects will be sent for remanufacturing. In this case, the loss per crankshaft is determined by the cost of rework, which is the loss to the right of the scatter zone. Incorrect crankshafts with journals having defects to the left and right of the scatter zone will be sent for reassembly. If the largest size limit is exceeded, the liners may rotate and the engine must be rebuilt, which increases losses significantly. In case of violation of the lower size limit, the shaft life will be reduced and losses will occur only for the consumer. In contrast to the existing methodology for calculating the sorting parameters, where the scatter zone coincides with the middle of the tolerance field, the developed methodology for assessing rejects when the scatter zone is displaced relative to the tolerance allowed to form a more differentiated and refined methodological approach to the assessment of losses in disassembly of parts when performing machining operations in repair production.

Keywords: tolerance control, actual size, upper and lower limit dimensions, good part, reparable and irreparable reject, incorrectly accepted parts, incorrectly rejected parts, losses resulting from rejects.

For citation: Temasova G.N., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G., Chepurin A.V. Methodology of evaluating rejects: inspection of crankshaft main journals in repair production. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2023;25(6):39-45. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-6-39-45>

Введение. В ремонтном производстве при допусковом контроле определяют действительный размер детали [1] и при сопоставлении полученного результата измерений с заданными предельными размерами (верхним и нижним) считают деталь годной или бракуют ее [2]. Брак бывает исправимым и неисправимым [3, 4]. Если размер, полученный в результате измерений, меньше нижнего предельного размера, то это неисправимый брак; если размер больше верхнего предельного размера – это исправимый брак.

При допусковом контроле рассеяние погрешности конкретного средства измерений накладывается на рассеяние действительных размеров [3, 5] и оказывает влияние на принятие или выбраковку деталей [6], действительные размеры которых расположены близко к границам интервала допуска [7] как справа, так и слева от них.

Рассеяние действительных размеров контролируемых поверхностей деталей практически определяется

с помощью гистограмм и полигонов опытного распределения [8, 9], а теоретически рассеяние описывается определенным законом распределения. Погрешности средств измерений в большинстве случаев описываются законом нормального распределения [10, 11]. Сочетание рассеяний действительных размеров деталей и погрешности средства измерений является случайным событием, и определить вероятности неправильного забракования или неправильного принятия можно только вероятностным путем.

Цель исследований: разработать методику оценки брака по вероятностным характеристикам сортировки деталей с учётом специфики ремонтного производства.

Материалы и методы. При контроле любого вида принимаемые на основании измерений решения обусловлены набором случайных событий:

$P_{ГТ}$ – вероятность того, деталь годна и будет признана годной;

$P_{\text{ДД}}$ – вероятность того, что деталь является браком и будет признана браком в результате контроля;

$P_{\text{ГД}}$ – вероятность того, что деталь годна, но будет принята как дефектная;

$P_{\text{ДГ}}$ – вероятность того, что деталь является браком, но будет принята как годная¹.

Представим указанные вероятности в виде математических выражений:

$$P_{\text{ГГ}} = \int_{X_{\text{Н}}}^{X_{\text{В}}} f(x) \int_{X_{\text{Н}}-X}^{X_{\text{В}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma dx; \quad (1)$$

$$P_{\text{ДГ}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{В}}} f(x) \int_{X_{\text{Н}}-X}^{X_{\text{В}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma dx + \int_{X_{\text{В}}}^{+\infty} f(x) \int_{X_{\text{Н}}-X}^{X_{\text{В}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma dx; \quad (2)$$

$$P_{\text{ГД}} = \int_{X_{\text{Н}}}^{X_{\text{В}}} f(x) \left(\int_{-\infty}^{X_{\text{Н}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma + \int_{X_{\text{В}}-X}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma \right) dx; \quad (3)$$

$$P_{\text{ДД}} = \int_{-\infty}^{X_{\text{Н}}} f(x) \left(\int_{-\infty}^{X_{\text{Н}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma + \int_{X_{\text{В}}-X}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma \right) dx + \int_{X_{\text{В}}}^{+\infty} f(x) \left(\int_{-\infty}^{X_{\text{Н}}-X} \varphi(\gamma) d\gamma + \int_{X_{\text{В}}-X}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma \right) dx, \quad (4)$$

где $f(x)$ и $\varphi(\gamma)$ – соответственно плотности распределений действительных размеров деталей и погрешности средства измерений.

Наиболее распространена методика определения вероятностных характеристик параметров разбраковки, изложенная в РД 50-98-86, но она реализована только для случая совпадения центра зоны рассеяния размеров с серединой поля допуска. Согласно этим рекомендациям можно определить следующие параметры разбраковки:

$m (m_1)$ – количество неправильно принятых деталей, % от общего числа измеренных (количества принятых);

$n (n_1)$ – количество неправильно забракованных деталей, % от общего числа измеренных (количества годных);

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

Из вышеизложенного следует, что m , n и c будут равны как слева, так и справа от зоны рассеяния, причём в РД 50-98-86 эти значения уже удвоены. В ремонтном производстве совпадение центра распределения размеров с серединой поля допуска практически не встречается. С другой стороны, например,

¹ Шкаруба Н.Ж. Совершенствование метрологического обеспечения ремонтного производства агропромышленного комплекса: Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2018. 274 с.

количество неправильно забракованных деталей слева и справа имеет разный смысл с позиции оценки потерь, каждый из которых имеет свою стоимость.

Действительный размер детали и погрешность измерения оказывают влияние на результаты допускового контроля с выявлением следующих категорий: годные детали; неисправимый брак; исправимый брак; неправильно принятые детали в зоне неисправимого брака; неправильно принятые детали в зоне исправимого брака; неправильно забракованные детали в зоне неисправимого брака; неправильно забракованные детали в зоне исправимого брака.

Разработка методики оценки брака по вероятностным характеристикам сортировки деталей с учётом специфики ремонтного производства осуществлялась на основе математической модели формирования исправимого и неисправимого брака. Также рассматривалась модель, описывающая влияние результатов измерений, близких к границам поля допуска, на вероятностные характеристики сортировки деталей. Методика рассматривалась на деталях типа «Вал».

Результаты и их обсуждение. В ремонтном производстве детали, размер которых контролируют на различных этапах технологического процесса, условно подразделяют на детали типа «Отверстие» и детали типа «Вал». Детали типа «Вал» в процессе контроля сортируют на 3 группы: исправимый брак (ИБ), неисправимый брак (НБ) и годные детали (ГД). Для оценки влияния погрешности измерения на результаты контроля деталей типа «Вал» рассмотрим схему, представленную на рисунке 1.

По причине влияния погрешности измерения на результат контроля возникает вероятность того, что часть годных деталей типа «Вал» попадёт в исправимый брак, а часть – в неисправимый. Аналогично для деталей с дефектами появляется вероятность того, что они будут признаны годными¹.

В соответствии со схемой рисунка 1 составим интегральные зависимости, описывающие вероятностные характеристики результатов контроля деталей типа «Вал».

Вероятность появления деталей типа «Вал», действительные размеры которых находятся в интервале допуска и которые будут признаны годными, описывается интегралом:

$$P_{\text{дГГ}} = \int_{x_d^{\text{Н}}}^{x_d^{\text{В}}} f(x) \int_{x_d^{\text{Н}}-x}^{x_d^{\text{В}}-x} \varphi(\gamma) d\gamma dx, \quad (5)$$

где $x_d^{\text{В}}$, $x_d^{\text{Н}}$ – верхняя и нижняя границы интервала допуска детали типа «Вал»; $f(x)$ и $\varphi(\gamma)$ – соответственно функции распределения контролируемого параметра и погрешности измерения¹.

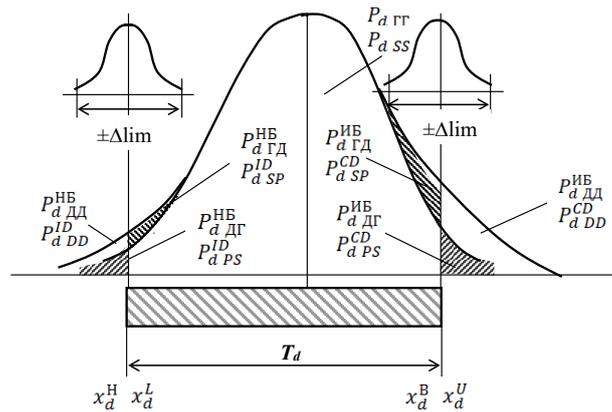


Рис. 1. Схема формирования брака при контроле валов в ремонтном производстве при условии сдвига центра настройки процесса финишной обработки в сторону исправимого брака:

$\pm\Delta\text{lim}$ – предельная погрешность измерения; T_d – допуск контролируемого вала; x_d^B, x_d^H – верхняя (верхний предельный размер) и нижняя (нижний предельный размер) границы интервала допуска контролируемого вала; $P_{d\text{ГД}}^{\text{ИБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами в пределах интервала допуска будут отнесены к группе деталей с исправимым браком; $P_{d\text{ГД}}^{\text{НБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами в пределах интервала допуска будут отнесены к группе деталей, имеющих неисправимый брак; $P_{d\text{ДГ}}^{\text{ИБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами, выходящими за верхний предельный размер, будут отнесены к годным; $P_{d\text{ДГ}}^{\text{НБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами, выходящими за нижний предельный размер, будут отнесены к годным; $P_{d\text{ДД}}^{\text{ИБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами, выходящими за верхний предельный размер, будут отнесены к группе деталей с исправимым браком; $P_{d\text{ДД}}^{\text{НБ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами, выходящими за нижний предельный размер, будут отнесены к группе деталей с неисправимым браком; $P_{d\text{ГГ}}$ – вероятность того, что контролируемые валы с действительными размерами в пределах интервала допуска будут отнесены к группе годных деталей

Fig. 1. Pattern of defect formation during the control of shafts in repair production, provided that the center of adjustment of the finishing process is shifted towards a reparable reject:

$\pm\Delta\text{lim}$ – limit measurement error; T_d – controlled shaft tolerance; x_d^U, x_d^L – upper (upper limit size) and lower (lower limit size) limits of the tolerance interval of the controlled shaft; $P_{d\text{SP}}^{\text{CD}}$ – probability that controlled shafts with permissible dimensions within the permissible range will be assigned to the group of parts with a reparable rejects; $P_{d\text{SP}}^{\text{ID}}$ – probability that the controlled shafts with valid dimensions within the tolerance interval will be assigned to the group of parts having an irreparable reject; $P_{d\text{PS}}^{\text{CD}}$ – probability that controlled shafts with actual dimensions exceeding the upper limit size will be classified as suitable; $P_{d\text{PS}}^{\text{ID}}$ – probability that controlled shafts with actual dimensions exceeding the lower limit size will be classified as suitable; $P_{d\text{DD}}^{\text{CD}}$ – probability that controlled shafts with actual dimensions exceeding the upper limit size will be assigned to the group of parts with a reparable reject; $P_{d\text{DD}}^{\text{ID}}$ – probability that controlled shafts with actual dimensions exceeding the lower limit size will be assigned to a group of parts with an irreparable reject; $P_{d\text{SS}}$ – probability that controlled shafts with valid dimensions within the tolerance range will be assigned to the group of suitable parts

Аналогично опишем другие вероятности:

$$P_{d\text{ДД}}^{\text{НБ}} = \int_{-\infty}^{x_d^H} f(x) \left(\int_{-\infty}^{x_d^H-x} \varphi(\gamma) + \int_{x_d^B-x}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma \right) dx; \quad (6)$$

$$P_{d\text{ДД}}^{\text{ИБ}} = \int_{x_d^B}^{+\infty} f(x) \left(\int_{-\infty}^{x_d^H-x} \varphi(\gamma) + \int_{x_d^B-x}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma \right) dx; \quad (7)$$

$$P_{d\text{ГД}}^{\text{НБ}} = \int_{x_d^H}^{x_d^B} f(x) \int_{-\infty}^{x_d^H-x} \varphi(\gamma) d\gamma dx; \quad (8)$$

$$P_{d\text{ГД}}^{\text{ИБ}} = \int_{x_d^H}^{x_d^B} f(x) \int_{x_d^B-x}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma dx; \quad (9)$$

$$P_{d\text{ДГ}}^{\text{НБ}} = \int_{-\infty}^{x_d^H} f(x) \int_{x_d^B-x}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma dx; \quad (10)$$

$$P_{d\text{ДГ}}^{\text{ИБ}} = \int_{x_d^B}^{+\infty} f(x) \int_{x_d^H-x}^{+\infty} \varphi(\gamma) d\gamma dx. \quad (11)$$

Формулы (5-11) являются математической моделью, которая описывает влияние погрешности измерения на вероятностные характеристики распределения контролируемых параметров деталей типа «Вал». Выражение (5) формируется как произведение двух определённых интегралов, причем границы второго интеграла зависят от переменной функции первого интеграла.

Параметры разбраковки в большей степени зависят от закона распределения контролируемого параметра и протяжённости распределения. Поэтому для их определения необходимо иметь априорную статистическую информацию о рассеянии действительных размеров объекта контроля.

Рассмотрим расчёт вероятностных характеристик параметров разбраковки на примере диаметров коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238, восстановленных под ремонтный размер. Экспериментальные измерения диаметров восстановленных коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238 обработаны и представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Проведенными исследованиями выявлено, что рассеяние восстановленных под ремонтный размер диаметров коренных шеек коленчатых валов подчиняется закону нормального распределения (проверено по критерию согласия Пирсона с уровнем значимости 0,01). Годными являются 95,4% шеек, 3,20% шеек с исправимым браком и 1,31% с неисправимым браком.

Используя полученные характеристики распределений диаметров шеек коленчатых валов, можно определить вероятностные характеристики параметров разбраковки для различных средств измерений. Результаты расчётов представлены в таблице 2. Расхождение результатов разбраковки теоретических

и экспериментальных исследований представлено в таблице 3.

Количественное значение вероятностных характеристик параметров сортировки при прочих равных условиях в значительной степени зависит от характеристик распределения и смещения середины зоны рассеяния относительно поля допуска.

При неправильном забраковании и неправильном принятии коренных шеек характер потерь от брака будет различным. Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими неисправимый брак, будут утилизированы в виде лома. Взамен необходимо будет приобрести новый вал, появятся потери от неправильного забракования слева от зоны рассеяния. Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими исправимый брак, отправляются на переделку. В этом случае потери на один коленчатый вал будут определяться себестоимостью переделки – это потери справа от зоны рассеяния. Неправильно принятые коленчатые валы с шейками, имеющими брак как слева, так и справа от зоны рассеяния, отправляются на сборку. В этой ситуации потери возрастут значительно, но только в случае превышения границы наибольшего размера, так как возможно проворачивание вкладышей, и потребуются переборка двигателя. При нарушении границы по нижнему размеру снизится ресурс вала, и потери возникнут только у потребителя.

Таблица 1
 Параметры распределения диаметров коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238, восстановленных под ремонтный размер

Table 1
 Parameters of diameter distribution of the main bearing journals of the YaMZ-238 engine crankshafts restored to the repair size

Параметр распределения <i>Distribution parameter</i>	Коренные шейки <i>Main bearing journals</i>
Зона рассеяния, мм / <i>Scatter zone, mm</i>	0,0324
Величина сдвига, мм / <i>Value of the shift, mm</i>	0,001
Коэффициент риска для области возникновения неисправимого брака <i>Risk factor for the irreparable reject area</i>	2,22
Коэффициент риска для области возникновения исправимого брака <i>Risk factor for the reparable reject area</i>	1,85
Вероятный процент неисправимого брака, % <i>Probable percentage of irreparable reject, %</i>	1,31
Вероятный процент исправимого брака, % <i>Probable percentage of reparable reject, %</i>	3,20
Суммарный брак, % <i>Total reject, %</i>	4,52
Вероятный процент годных валов, % <i>Probable percentage of usable shafts, %</i>	95,48

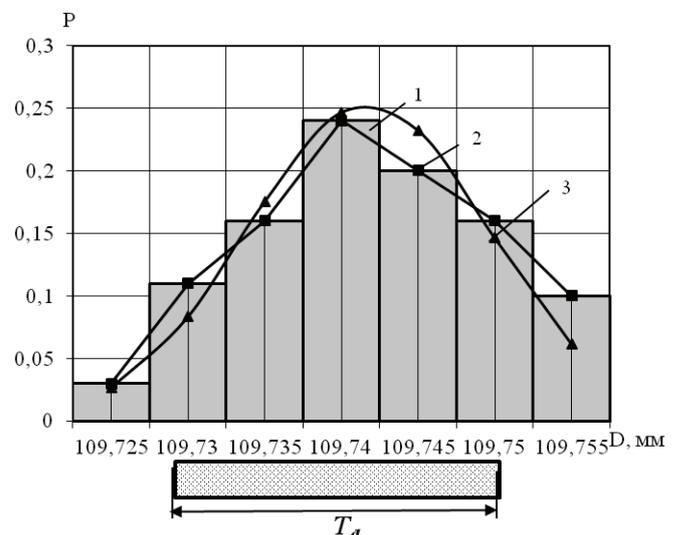


Рис. 2. Рассеяние размеров коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238:
 1 – полигон эмпирического распределения;
 2 – гистограмма эмпирического распределения;
 3 – теоретическая кривая распределения

Fig. 2. Dispersion of the sizes of the main bearing journals of the YaMZ-238 engine crankshafts:
 1 – empirical distribution polygon;
 2 – histogram of the empirical distribution;
 3 – theoretical distribution curve

Таблица 2

Результаты расчёта неправильно принятых и неправильно забракованных коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238 при обработке под ремонтный размер

Table 2

Calculation results of incorrectly accepted and incorrectly rejected main bearing journals of crankshafts of the YAMZ-238 engines when machined for the repair size

Параметр / Parameter	Средство измерений / Measurement instrument	
	1*	2**
Контролируемый размер, <i>d</i> , мм / Controlled size, <i>d</i> , mm	109,75 _{0,022}	
Предельная погрешность СИ, Δ <i>lim</i> , мкм / Maximum error of MI, Δ <i>lim</i> , mkm	±6	±3,5
СКО погрешности измерения, σ _{мер} , мкм / Mean square deviation of the measurement error, σ _{мер} , mkm	3,00	1,75
Коэффициент точности измерения, <i>A</i> _{мер} , % / Measurement accuracy coefficient, <i>A</i> _{мер} , %	13,64	7,95
Количество неправильно принятых коренных шеек с исправимым браком, <i>m</i> , % / Number of incorrectly accepted main bearing journals with repairable rejects, <i>m</i> , %	1,3	1,8
Количество неправильно принятых коренных шеек с неисправимым браком, <i>m</i> , % / Number of incorrectly accepted main bearing journals with irreparable rejects, <i>m</i> , %	2,7	0,75
Количество неправильно забракованных коренных шеек с исправимым браком, <i>n</i> , % / Number of incorrectly rejected main bearing journals with repairable rejects, <i>n</i> , %	6,2	3,2
Количество неправильно забракованных коренных шеек с неисправимым браком, <i>n</i> , % / Number of incorrectly rejected main bearing journals with irreparable rejects, <i>n</i> , %	4,3	2,1
Итого брака, % / Total reject, %	14,50	7,85

*Микрометр МР-100 с ценой деления 0,002 мм / * Micrometer MR-100 with a sensitivity of 0.002 mm

**Скоба рычажная СР-100 с ценой деления 0,002 мм / ** Lever bracket SR-100 with a sensitivity of 0.002 mm

Таблица 3

Расхождение результатов теоретических и экспериментальных исследований забраковки коренных шеек

Table 3

Discrepancy of the results of theoretical and experimental studies on the rejection of main bearing journals

Параметр / Parameter	Теоретическое исследование / Theoretical study	Экспериментальное исследование / Experimental study
Вероятный процент неисправимого брака, % / Probable percentage of irreparable reject, %	1,31	2,85
Вероятный процент исправимого брака, % / Probable percentage of repairable reject, %	3,20	5,00
Суммарный брак, % / Total reject, %	4,52	7,85

Выводы

Разработанный математический аппарат и методика для оценки параметров сортировки результатов допускового контроля при смещении зоны рассеяния относительно допуска позволили сформировать более дифференцированный и уточненный методологический подход к оценке потерь при забраковке деталей.

Апробация математической модели оценки брака по вероятностным характеристикам при обработке под ремонтный размер коренных шеек коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238 показала, что наблюдается смещение центра рассеяния в сторону

исправимого брака на 1 мкм. Это приводит к различному количеству неправильно принятых и неправильно забракованных шеек справа и слева от середины поля допуска. Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими неисправимый брак, отправляются на утилизацию (2,8% по коренным шейкам). Неправильно забракованные коленчатые валы с шейками, имеющими исправимый брак, отправляются на переделку (6,2% по коренным шейкам). Неправильно принятые коленчатые валы с шейками, имеющими брак, отправляются на сборку (1,3% по коренным шейкам).

Список литературы

1. Глухов В.И., Гриневич В.А., Шалай В.В. Система допусков линейных размеров максимума материала и их контроль калибрами // Динамика систем, механизмов и машин. 2018. Т. 6, № 2. С. 12-16. <https://doi.org/10.25206/2310-9793-2018-6-2-12-16>

References

1. Glukhov V.I., Grinevich V.A., Shalay V.V. Tolerance system for maximum material linear sizes and their inspection by calipers. *Dinamika Sistem, Mekhanizmov i Mashin*. 2018;6(2):12-16. <https://doi.org/10.25206/2310-9793-2018-6-2-12-16>

2. Шибанов Г.П. Допусковый контроль авиационной техники в объёме ее предполетной проверки // Полет: Общероссийский научно-технический журнал. 2019. № 4. С. 53-58. EDN: TJHJZC.
3. Пицык В.В. Задача прогнозирования точности измерений при допусковом контроле систем // Измерительная техника. 2004. № 7. С. 3-6. EDN: PDXGVV.
4. Темасова Г.Н. Допусковый контроль валов в ремонтном производстве // Сельский механизатор. 2023. № 8. С. 40-41. EDN: PAFUWP.
5. Кутяйкин В.Г. Технические средства для измерений, испытаний и контроля: терминология // Компетентность. 2019. № 7. С. 34-37. EDN: PWEXQX.
6. Лебедев П.А. К вопросу повышения надежности и эффективности МТА при выполнении технологических процессов // Наука в Центральной России. 2019. № 6. С. 58-66. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2019-6-58-66>
7. Леонов О.А., Голиницкий П.В., Антонова У.Ю., Леонов Д.О., Зимогорский В.К. Выбор средств измерений для дефектации коренных опор двигателя ЯМЗ // Агроинженерия. 2022. № 24 (6). С. 59-63. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-6-59-63>
8. Чигрик Н.Н. Количественная оценка неопределенности среднего зазора и натяга в сопряжениях одноименных промежуточных и крайних размерных групп // Computational Nanotechnology. 2023. Т. 10, № 1. С. 11-29. <https://doi.org/10.33693/2313-223X-2023-10-1-11-29>
9. Серенков П.С., Рудницкий Ф.И., Сацукевич А.А., Волкотруб Р.Е. Повышение эффективности техники планирования эксперимента на этапе разработки инновационных материалов и покрытий // Актуальные вопросы машиноведения. 2019. Т. 8. С. 348-351. EDN: ITWGX1.
10. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей // Измерительная техника. 2022. № 8. С. 23-27. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27>
11. Ефремов Л.В. Проблемы учёта случайных и систематических погрешностей в прямых многократных измерениях // Мир измерений. 2012. № 10. С. 52-57. EDN: PCUISV.

Информация об авторах

- Галина Николаевна Темасова**¹, канд. экон. наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-0555-2758>; temasova@rgau-msha.ru
- Олег Альбертович Леонов**², д-р техн. наук, профессор;
<https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>; oaleonov@rgau-msha.ru
- Нина Жоровна Шкаруба**³, д-р техн. наук, профессор;
<https://orcid.org/0000-0002-2770-8442>;
shkaruba@rgau-msha.ru
- Юлия Геннадьевна Вергазова**⁴, канд. техн. наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>; vergazova@rgau-msha.ru
- Александр Васильевич Чепурин**⁵, канд. техн. наук, доцент;
<https://orcid.org/0000-0002-0865-3263>; av.tchepurin@rgau-msha.ru
- ^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Вклад авторов

- Г.Н. Темасова – концептуализация, методология, проведение исследования, руководство исследованием
О.А. Леонов – администрирование проекта, ресурсы
Н.Ж. Шкаруба – верификация данных, формальный анализ
Ю.Г. Вергазова – создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование
А.В. Чепурин – визуализация, создание черновика рукописи

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 29.05.2023, после рецензирования и доработки 25.10.2023; принята к публикации 25.10.2023

2. Shibanov G.P. Tolerance testing of aviation equipment during the preflight check. *Polet. Obshcherossiyskiy Nauchno-Tekhnicheskii Zhurnal*. 2019;4:53-58. (In Rus.)
3. Pitsyk V.V. Predicting the accuracy of measurements in the tolerance control of systems. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2004;7:3-6. (In Rus.)
4. Temasova G.N. Tolerance control of shafts in repair production. *Selskiy Mekhanizator*. 2023;8:40-41. (In Rus.)
5. Kutyaykin V.G. Technical means for measurement, testing and control: Terminology. *Competency (Russia)*. 2019;7:34-37. (In Rus.)
6. Lebedev P.A. On improving the reliability and efficiency of machine-and-tractor units performing technological processes. *Science in the Central Russia*. 2019;6:58-66. (In Rus.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2019-6-58-66>
7. Leonov O.A., Golinitzkiy P.V., Antonova U.Yu., Leonov D.O., Zimogorskiy V.K. Choosing measuring instruments for the fault detection of the main bearing supports of the YAMZ engine. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2022;24(6):59-63. (In Rus.) <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-6-59-63>
8. Chigrik N.N. Quantitative estimation of the uncertainty of the average clearance and interference in the conjugations of the eponymous intermediate and extreme dimensional groups. *Computational Nanotechnology*. 2023;10(1):11-29. (In Rus.) <https://doi.org/10.33693/2313-223X-2023-10-1-11-29>
9. Serenkov P.S., Rudniczkij F.I., Satsukevich A.A., Volkotrub R.E. Improving the efficiency of designing experiment techniques at the stage of development of innovative materials and coatings. *Topical Issues of Mechanical Engineering*. 2019;8:348-351. (In Rus.)
10. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Regulation of the indirect measurement errors in approval tests of engines. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2022;8:23-27. (In Rus.) <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27>
11. Efremov L.V. Problems of recording random and systematic errors in direct multiple measurements. *Mir Izmereniy*. 2012;10:52-57. (In Rus.)

Information about the authors

- Galina N. Temasova**¹, CSc (Econ), Associate Professor;
<https://orcid.org/0000-0002-0555-2758>; temasova@rgau-msha.ru
- Oleg A. Leonov**², DSc (Eng), Professor;
<https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>; oaleonov@rgau-msha.ru
- Nina Zh. Shkaruba**³, DSc (Eng), Professor;
<https://orcid.org/0000-0002-2770-8442>; shkaruba@rgau-msha.ru
- Yulia G. Vergazova**⁴, CSc (Eng), Associate Professor;
<https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>; vergazova@rgau-msha.ru
- Aleksandr V. Chepurin**⁵, CSc (Eng), Associate Professor;
<https://orcid.org/0000-0002-0865-3263>; av.tchepurin@rgau-msha.ru
- ^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49, Timiryazevskaya Str., Moscow, 127434, Russia

Contribution of the authors

- G.N. Temasova – conceptualization, methodology, conducting research, research supervision
O.A. Leonov – project administration, resources
N.Zh. Shkaruba – data verification, formal analysis
Y.G. Vergazova – draft finalizing and editing
A.V. Chepurin – visualization, original draft preparation

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this paper are equally responsible for plagiarism.

Received 29.05.2023; revised 25.10.2023; accepted 25.10.2023