

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 658.562.43

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-65-70>**Инструментальный контроль дефектов коренных опор блока цилиндров****О.А. Леонов^{1✉}, В.К. Зимогорский², Ю.Г. Вергазова³, У.Ю. Антонова⁴, Д.О. Леонов⁵**^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия¹ oaleonov@rgau-msha.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>² zimogorskij@rgau-msha.ru³ vergazova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>⁴ uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>⁵ metr@rgau-msha.ru

Аннотация. При дефектации коренных опор блока цилиндров важно снизить вероятность появления ошибок при контроле, в результате которых деталь может быть неправильно принята или неправильно забракована. Неправильное бракование коренной опоры блока цилиндров слева и справа от границы поля допуска приводит к необходимости замены блока цилиндров. Неправильное принятие опоры по наименьшему размеру может привести к неплотному прилеганию крышки к опоре и вероятному обрыву. Неправильное принятие опоры по наибольшему размеру способствует появлению зазора между вкладышами и последующему их проворачиванию. С целью снижения вероятности появления указанных ошибок при допусковом контроле произведена оценка неправильно принятых и неправильно забракованных коренных опор при дефектации с использованием нутромеров: НИ 100-1600,01; НИ-ПТ160-0,001; НИЦ-ПТ 160-0,002. Произведен анализ 20 блоков цилиндров, в каждом из которых контролю подверглось 5 коренных опор. Рассчитано, что при программе ремонта 1000 двигателей ЯМЗ в год применение НИ-ПТ160-0,001 позволяет снизить потери от неправильного бракования в 2,13 раза и потери от неправильного принятия в 1,88 раза по сравнению с использованием НИ 100-1600,01. Применение НИЦ-ПТ 160-0,002 является нерациональным по причине возможности увеличения потерь (дискретность отсчета в два раза грубее разряда измеряемой величины). Предлагаемую методику можно применять при дефектации других деталей двигателя: например, при контроле внутреннего диаметра гильзы цилиндров и нижней головки шатуна.

Ключевые слова: измерения, контроль, погрешность, неправильно принятые изделия, неправильно забракованные изделия, дефект

Для цитирования: Леонов О.А., Зимогорский В.К., Вергазова Ю.Г., Антонова У.Ю., Леонов Д.О. Инструментальный контроль дефектов коренных опор блока цилиндров // *Агроинженерия*. 2024. Т. 26, № 2. С. 65-70. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-65-70>

ORIGINAL ARTICLE

Instrumental control of defects in the main bearings of the cylinder block**O.A. Leonov^{1✉}, V.K. Zimogorskiy², Yu.G. Vergazova³, U.Yu. Antonova⁴, D.O. Leonov⁵**^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia¹ oaleonov@rgau-msha.ru[✉]; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>² zimogorskij@rgau-msha.ru³ vergazova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>⁴ uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>⁵ metr@rgau-msha.ru

Abstract. When detecting faults in main bearings of the cylinder block, it is important to minimize detection errors that could result in the part being incorrectly accepted or incorrectly rejected. Incorrect rejection of a cylinder block main bearing to the left and right of the tolerance limit will result in the need to replace the cylinder block. Incorrect acceptance of the support according to the smallest size may result in a loose cap-to-support fit and possible breakage. Incorrect acceptance of the support according to the largest size can lead to a gap between the liners and their subsequent play and rotation. In order to reduce the occurrence probability of the mentioned errors during the tolerance control, the authors estimated incorrectly accepted and incorrectly rejected main bearings during

detecting faults with the use of inside calipers: NI 100-1600.01; NI-PT160-0.001; NIC-PT 160-0.002. Twenty cylinder blocks were analyzed, in each of them five main bearings were subjected to control. It is calculated that at the repair program of 1000 YaMZ engines per year the use of NI-PT160-0.001 allows to reduce losses from incorrect rejection in 2.13 times and losses from incorrect acceptance in 1.88 times as compared with the use of NI 100-1600.01. The use of NIC-PT 160-0.002 is irrational because of the possibility of increasing losses (discreteness of counting is twice coarser than the order of the measured value). The proposed methodology can be applied in detecting faults in other engine parts: for example, in checking the inner diameter of the cylinder liner and the big end of the connecting rod.

Keywords: measurements, control, error, incorrectly accepted products, incorrectly rejected products

For citation: Leonov O.A., Zimogorskiy V.K., Vergazova Yu.G., Antonova U.Yu., Leonov D.O. Instrumental control of defects in the main bearings of the cylinder block. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2024;26(2):65-70. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-2-65-70>

Введение

Вопросы, связанные с качеством ремонта отечественной техники для сельского хозяйства, всегда остаются актуальными ввиду ее низкой надежности [1, 2].

Качество процессов контроля широко обсуждается в современной научной литературе в связи с постоянным повышением точности производства [3-6]. Особенно это касается ремонтного производства, где достаточно сложно обеспечить восстановление работоспособности агрегатов по причине изнашивания поверхностей деталей и опорных баз, а также организовать контроль изношенных поверхностей деталей [7, 8].

Важнейшей деталью всех двигателей является блок цилиндров. Это дорогая и технологически сложная в изготовлении деталь, требующая значительной трудоемкости работ по ее дефектации в момент поступления двигателя в ремонт.

Дефектация коренных опор блока цилиндров – это процесс контроля и анализа состояния коренных опор с целью выявления возможных дефектов, износа или повреждений, включающий в себя следующие этапы:

очистка блока цилиндров и коренных опор от загрязнений и масла;

визуальный осмотр поверхностей коренных опор на наличие трещин, сколов, коррозии и других видимых дефектов;

измерение размеров коренных опор в собранном виде;

оценка степени износа коренных опор по сравнению с отклонениями и допусками, установленными в технических условиях на ремонт двигателя;

определение необходимости ремонта или замены блока цилиндров;

составление отчета о результатах дефектации и рекомендации по ремонту коренных опор.

Цель исследований: рассмотреть процесс дефектации коренных опор с позиции вероятности появления при контроле ошибок первого и второго рода.

Материалы и методы

Методика выбора средств измерений и оценки ошибок при допусковом контроле в машиностроительном производстве описана в действующих нормативных документах: ГОСТ 8.051-81 и РД 50-98-86.

Выбор средств измерений при допусковом контроле обеспечивается выполнением условия¹ [9]:

$$\Delta \lim \leq \delta, \quad (1)$$

где $\Delta \lim$ – предельная погрешность средства измерений; δ – допускаемая погрешность измерения.

Выполнение условия выбора средств измерений (1) применимо для машиностроения, но при дефектации оно должно быть ужесточено. Это связано со значительным расширением зоны рассеяния изношенных размеров по отношению к допуску, и контроль при дефектации будет осуществляться не по краям зоны рассеяния размеров, а в ряде случаев – ближе к середине.

При дефектации коренных опор блока цилиндров необходимо применять средства, позволяющие уменьшить потери, возникающие от погрешности измерений, в результате которых коренная опора может быть неправильно принята или неправильно забракована. Ошибка приведет либо к отказу блока по коренной опоре в момент эксплуатации, либо к покупке нового блока взамен старого.

При дефектации блока цилиндров рассмотрена возможность использования средств измерений с меньшей погрешностью и проведено сравнение их характеристик точности с аналоговыми.

Произведен анализ 20 блоков цилиндров, в каждом из которых контролю подверглось 5 коренных опор.

Результаты и их обсуждение

Двигатели ЯМЗ, применяемые в тракторах, комбайнах и сельскохозяйственных машинах, являются ремонтнопригодными. Согласно технической

¹ Шкаруба Н.Ж. Совершенствование метрологического обеспечения ремонтного производства агропромышленного комплекса: Дис. ... д-ра техн. наук. М., 2019. 274 с. EDN QJHJY

документации на ремонт коленчатый вал может обрабатываться под один ремонтный размер, а распределительный вал – под два размера. Но при ремонте двигателя расточку коренных опор блока цилиндров на величину +0,5 мм уже не проводят, и вкладыши такого ремонтного размера отсутствуют в продаже. Параметры дефектации коренных опор блока цилиндров, изложенные в руководстве по ремонту 236.01.01 РК на двигателях ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238 всех комплектаций и исполнений, представлены в таблице 1.

В случае обнаружения одного из дефекта (табл. 1) блок цилиндров выбраковывается и отправляется в лом, а вместо него приобретает новый. Однако эта деталь является дорогой, и необоснованная потеря ее по причине ошибок контроля первого рода (когда годная деталь принимается бракованной) принесет дополнительные затраты предприятию. Ошибки второго рода (когда бракованная деталь принимается годной) также могут нанести ущерб предприятию ввиду отказа двигателя в гарантийный послеремонтный период эксплуатации.

При визуальном контроле и обнаружении первого дефекта (табл. 1) ошибки можно минимизировать, применив тщательную очистку блока цилиндров после разборки специальными моющими средствами и используя лупу для выявления мелких повреждений.

При контроле второго дефекта (табл. 1) ошибки возможны по причине несоответствия допуска размера (21 мкм) и дискретности отсчета нутромера НИ 100-160 со стандартным индикатором часового типа ИЧ-10 (10 мкм). Погрешность измерений может быть еще больше.

Контроль третьего дефекта почти не проводится на ремонтных предприятиях ввиду отсутствия специальных приспособлений. Деформация поверхностей под вкладыши коренных подшипников – это отклонение положения базовых поверхностей коренных опор блока цилиндров (поверхность, на которой устанавливается коренной подшипник коленчатого вала) от номинального или заданного значения. Это отклонение может возникать ввиду износа, механических повреждений, последствий перегрузки и перегрева двигателя, неправильной сборки или производственного дефекта, связанного с материалом опоры. Смещение баз коренных опор может привести к проблемам в работе двигателя включая повышенный износ шеек коленчатого вала, вкладышей и коренных подшипников, нарушение геометрии двигателя, вибрации и снижение мощности. Чаще всего «уходит» одна опора, что приводит к проворачиванию коренного вкладыша. Для решения этой проблемы может потребоваться замена блока цилиндров, коленчатого вала и вкладышей.

Произведем оценку неправильно принятых и неправильно забракованных коренных опор при допусковом контроле во время дефектации при использовании различных средств измерений отверстий. В таблице 2 представлены основные характеристики нутромеров индикаторных: типового НИ 100-160 с головкой ИЧ-10; нутромера индикаторного повышенной точности НИ-ПТ с индикаторной головкой, имеющей цену деления 0,001 мм; НИ-ПТ с цифровой головкой с ценой деления 0,002 мм.

Результаты расчета количества неправильно принятых и неправильно забракованных опор при использовании нутромеров приведены в таблице 3.

Таблица 1

Параметры дефектации коренных опор блока цилиндров двигателя ЯМЗ, обуславливающие их выбраковку

Table 1

Parameters for defect detection of the main bearings of the YaMZ engine cylinder block

Параметр дефектации <i>Defect</i>	Способ выявления-дефекта, средство контроля <i>Defect elimination method and control tools</i>	Размер или параметр, мм / <i>Size or parameter, mm</i>	
		номинальный <i>nominal</i>	предельно допустимый без ремонта <i>maximum size limit without repair</i>
1. Обломы, захватывающие отверстия под вкладыши коренных подшипников <i>Breaks of holes for main bearing shells</i>	Осмотр <i>Inspection</i>	-	-
2. Износ или деформация отверстий под вкладыши коренных подшипников <i>Wear or deformation of the holes for the main bearing shells</i>	Осмотр, нутромер НИ 100-160 <i>Inspection Inside caliper</i>	$\varnothing 116^{+0,021}$	116,021
3. Деформация поверхностей под вкладыши коренных подшипников <i>Wear or deformation of the holes for the main bearing journals</i>	Осмотр, приспособление <i>Inspection Device</i>	Допуск биения осей промежуточных опор относительно крайних <i>Tolerance for runout of the intermediate support axes relative to the outer ones</i>	
		0,025	0,05

Таблица 2

Характеристики индикаторных нутромеров

Table 2

Characteristics of inside calliper

Индикаторный нутромер <i>Measuring instrument</i>	Пределы измерений, мм <i>Measurement limits, mm</i>	Цена деления головки, мм <i>Scale factor of head, mm</i>	Погрешность измерений, мкм <i>Measurement error, μm</i>
1. НИ 100-160 с головкой ИЧ-10 <i>Inside caliper NI 100-160 with a ICh-10head dial indicator</i>	100...160	0,01	±0,014*
2. НИ-ПТ с индикаторной головкой <i>Inside caliper NI-PT with a detecting head</i>		0,001	±0,005
3. НИЦ-ПТ с цифровой головкой <i>Inside caliper NITs-PT with a digital head</i>		0,002	±0,006

*В пределах перемещения измерительного стержня 1 мм. / *Within the measuring rod movement range of 1 mm.

Таблица 3

Результаты расчета количества неправильно принятых и неправильно забракованных опор при использовании нутромеров для контроля коренных опор ЯМЗ

Table 3

Results of calculating the number of incorrectly accepted and incorrectly rejected bearings when using bore gauges to control the main bearings of YaMZ engines

Показатели <i>Indicators</i>	Нутромер / <i>Inside caliper</i>		
	НИ 100-160	НИ-ПТ	НИЦ-ПТ
Цена нутромера, руб. / <i>Price of measuring instrument</i>	7800	30500	28300
Контролируемый размер / <i>Controlled size</i>	Ø116 ^{+0,021}	Ø116 ^{+0,021}	Ø116 ^{+0,021}
Зона рассеяния размеров, мкм / <i>Spread sizes, mkm</i>	56	56	56
Погрешность измерений, мкм* / <i>Measurement error, mkm*</i>	±10	±5	±6
Коэффициент точности измерений, % / <i>Measurement accuracy factor, %</i>	23	12	14
Количество неправильно забракованных опор, % / <i>Number of incorrectly rejected bearings, %</i>	16	7,5	8,5
Количество неправильно принятых опор, % / <i>Number of incorrectly accepted bearings, %</i>	9	4,8	5,6

*В пределах хода измерительного стержня 1 мм. / *Within the measuring rod movement range of 1 mm.

Наиболее рациональным средством измерения является наиболее точный и дорогой нутромер НИ-ПТ (табл. 3).

Неправильное забракование опоры как слева, так и справа от границы поля допуска приводит к замене блока цилиндров. Неправильное принятие опоры по наименьшему размеру может привести к выпутанию вкладышей в постели при заданном усилии затяжки опоры динамометрическим ключом, что грозит неплотным прилеганием крышки к опоре и вероятным обрывом. Неправильное принятие опоры по наибольшему размеру может привести к проворачиванию вкладышей. Неправильное принятие опоры по размеру приводит к необходимости проведения внепланового ремонта двигателя с заменой блока цилиндров на новый.

Результаты расчета потерь при использовании трех видов нутромеров представлены в таблице 4.

Согласно данным таблицы 4 предприятие, ремонтирующее по программе ремонта 1000

двигателей ЯМЗ в год, при дефектации классическим нутромером НИ 100-160 будет нести убытки в виде потерь от неправильно забракованных блоков в размере 9,44 млн руб. и неправильно принятых блоков в размере 2,18 млн руб. (при условии вероятности проявления дефектов 0,25). Применение более точных нутромеров НИ-ПТ и НИЦ-ПТ приводит к значительному снижению вышеназванных потерь, причем стоимость нутромеров несравнима с возможными потерями, которые могут возникнуть по причине неправильного забракования или принятия опор. С другой стороны, использование цифрового нутромера НИЦ-ПТ с дискретностью отсчета 0,002 мм является нерациональным (верхнее отклонение контролируемого размера – 0,021 мм), и сделать заключение о годности по верхней границе не представляется возможным. Ввиду такой дискретности отсчета возникают дополнительные погрешности и ошибки в принятии блока цилиндров.

Таблица 4

Результаты расчета потерь при использовании нутромеров для контроля коренных опор ЯМЗ

Table 4

Results of calculation of losses when using the inside caliper of varying accuracy to control the main bearings of YaMZ engines

Показатели <i>Indicators</i>	Нутромер / <i>Inside calliper</i>		
	НИ 100-160	НИ-ПТ	НИЦ-ПТ
Цена нутромера, руб. / <i>Price of measuring instrument, rub.</i>	7800	30500	28300
Контролируемый размер / <i>Controlled size</i>	$\varnothing 116^{+0,021}$	$\varnothing 116^{+0,021}$	$\varnothing 116^{+0,021}$
Программа производства, шт. / <i>Production program</i>	1000		
Стоимость блока цилиндров, тыс. руб. / <i>Cost of the cylinder block, thousand rub.</i>	295		
Затраты на устранение последствий от принятия бракованного блока, тыс. руб. <i>Costs of eliminating the consequences of accepting a defective unit, thousand rub.</i>	97		
Потери от неправильно забракованных блоков, млн руб. <i>Losses from incorrectly rejected blocks, million rub.</i>	9,44	4,42	5,02
Потери от неправильно принятых блоков, млн руб.* <i>Losses from incorrectly accepted blocks, million rub.*</i>	2,18	1,16	1,36

*При вероятности проявления дефекта 0,25. / *When the probability of defect occurrence is 0.25.

Выводы

При дефектации коренных опор двигателей ЯМЗ рационально использовать индикаторный нутромер НИ-ПТ 160-0,001. Его применение по сравнению с использованием классического нутромера НИ 160-0,01 позволит снизить потери от неправильного забракования в 2,13 раза и потери от неправильного принятия в 1,88 раза. Использование цифрового

нутромера НИЦ-ПТ 160-0,002 является нерациональным ввиду необходимости контроля размера с верхним отклонением 0,021 мм, когда дискретность отсчета в два раза грубее разряда измеряемой величины и возможно увеличение потерь.

Предлагаемую методику можно применять при дефектации других деталей двигателя: например, при контроле внутреннего диаметра гильзы цилиндров, нижней головки шатуна и т.д.

Список источников

1. Ерохин М.Н., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Скороходов Д.М. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М // Вестник машиностроения. 2023. № 8. С. 701-704. EDN: BUMPSG
2. Пастухов А.Г. Расчетная оценка долговечности подшипниковых узлов сельскохозяйственных карданных валов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2023. № 2 (38). С. 25-31. EDN: NGKLNH
3. Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Рулько И.И. Анализ системы технологии контроля качества ремонтного производства // Сельский механизатор. 2020. № 4. С. 38-39. EDN: CMDNRI
4. Чигрик Н.Н. Исследование влияния погрешности средства измерений на параметры разбраковки и точность технологического процесса при измерительном контроле высоты поршневых колец автомобильного двигателя // Омский научный вестник. 2014. № 2 (130). С. 86-92. EDN: SFTRLJ
5. Чигрик Н.Н. Количественная оценка неопределенности случайного рассеивания среднего зазора и натяга в сопряжениях // Омский научный вестник. 2022. № 4 (184). С. 101-111. <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2022-184-101-111> EDN: SSGNNN
6. Дорохов А.С., Скороходов Д.М. Контроль геометрических и физико-механических параметров запасных частей сельскохозяйственной техники с использованием автоматизированной измерительной установки // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 122. С. 59-62. EDN: TLHGAI

References

1. Erokhin M.N., Leonov O.A., Shkaruba N.Z., Vergazova Yu.G., Skorokhodov D.M. Production and repair of domestic machines for agroindustrial complexes from the position of the 5M principle. *Vestnik Mashinostroeniya*. 2023;8:701-704. (In Russ.)
2. Pastukhov A.G. Design evaluation of durability of bearing units of agricultural cardan shafts. *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2023;2(38):25-31. (In Russ.)
3. Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G., Rulko I.I. Analysis of the system of technology for quality control of repair production. *Selskiy mekhanizator*. 2020;4:38-39. (In Russ.)
4. Chigrik N.N. Research of influence of error of means of measuring of parameters of grading and accuracy of technological process at measuring control of height of piston-rings of the automobile motor engine. *Omsk Scientific Bulletin*. 2014;2(130):86-92. (In Russ.)
5. Chigrik N.N. A quantitative estimate of uncertainty of the random scattering of the average clearance and interference in mating. *Omsk Scientific Bulletin*. 2022;4(184):101-111. (In Russ.) <https://doi.org/10.25206/1813-8225-2022-184-101-111>
6. Dorokhov A.S., Skorokhodov D.M. Control of geometric and physical-mechanical parameters of spare parts of agricultural machinery using an automated measuring installation. *Proceedings of GOSNITI*. 2016;122:59-62. (In Russ.)
7. Shkaruba N.Zh. Influence of measurement errors on the results of grading during inspection of machine parts. *Traktory i Selkhoz mashiny*. 2016;2:41-43. (In Russ.)

7. Шкаруба Н.Ж. Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации деталей машин // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 41-43. EDN: VKWHQX

8. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Голиницкий П.В., Антонова У.Ю. Методы и средства контроля качества обработки гильз цилиндров на ремонтных машиностроительных предприятиях // Вестник машиностроения. 2020. № 6. С. 40-45. EDN: WFKNZB

9. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Совершенствование методики проведения микрометража и дефектации шеек коленчатых валов // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2007. № 3-1 (23). С. 81-85. EDN: UBYMON

Информация об авторах

Олег Альбертович Леонов¹, д-р техн. наук, профессор;
oaleonov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>;
Scopus Autor ID: 57209748174; Researcher ID: ABC-5873-2020

Владислав Кириллович Зимогорский², ассистент;
zimogorskiy@rgau-msha.ru

Юлия Геннадьевна Вергазова³, канд. техн. наук, доцент;
vergazova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>;
Scopus Autor ID: 57210258726;
Researcher ID: AAD-5899-2022

Ульяна Юрьевна Антонова⁴, канд. техн. наук, доцент;
uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>;
Scopus Autor ID: 57216809631; Researcher ID: AAD-5690-2022

Дмитрий Олегович Леонов⁵, студент, metr@rgau-msha.ru
^{1,2,3,4,5} Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434,
Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Вклад авторов

О.А. Леонов – руководство исследованием; формулирование основной концепции исследования и задач.

В.К. Зимогорский – визуализация данных, описание результатов и формирование выводов исследования.

Ю.Г. Вергазова – верификация данных; разработка программного обеспечения.

У.Ю. Антонова – разработка методологии исследования, создание окончательной версии (доработка) рукописи и ее редактирование.

Д.О. Леонов – подготовка начального варианта текста.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила 25.12.2023, после рецензирования и доработки 11.01.2024; принята к публикации 14.03.2024

8. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G., Golitsky P.V., Antonova U.Yu. Methods and means of quality control of processing of cylinder liners at repair machine-building enterprises. *Vestnik Mashinostroeniya*. 2020;6:40-45. (In Russ.)

9. Shkaruba N.Zh. Improving the methodology for micrometering and defect detection of crankshaft journals. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2007;3-1(23):81-85. (In Russ.)

Author Information

Oleg A. Leonov¹, DSc (Eng), Professor;
oaleonov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>;
Scopus Autor ID: 57209748174; Researcher ID: ABC-5873-2020

Vladislav K. Zimogorskiy², Assistant Professor;
zimogorskiy@rgau-msha.ru

Yuliya G. Vergazova³, CSc (Eng), Associate Professor;
vergazova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7564-7656>;
Scopus Autor ID: 57210258726;
Researcher ID: AAD-5899-2022

Uliana Yu. Antonova⁴, CSc (Eng), Associate Professor;
uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>;
Scopus Autor ID: 57216809631; Researcher ID: AAD-5690-2022

Dmitriy O. Leonov⁵, student; metr@rgau-msha.ru
^{1,2,3,4,5} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str., Moscow,
127434, Russian Federation

Author Contribution

O.A. Leonov – research supervision; conceptualization and setting objectives.

V.K. Zimogorskiy – data visualization, description of results and making conclusions.

Y.G. Vergazova – data verification; software development.

U.Yu. Antonova – methodology, finalizing (reviewing and editing) of the manuscript.

D.O. Leonov – original draft preparation

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism

Received 25.12.2023; Revised 11.01.2024; Accepted 14.03.2024