

ВЫБОР ЦИФРОВЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЯ Д-245 ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

В. Г. Золотухина, К. Я. Вергазова

Научный руководитель – О. А. Леонов

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье показано, что для контроля коренных шеек коленчатых валов двигателей Д-245 при обработке под ремонтный размер на специализированном оборудовании рекомендовано использовать цифровой микрометр МКЦ-100-0,001 вместо микрометра гладкого МК-100-0,01, при этом будет повышена точность измерений и уменьшена вероятность возникновения экономических потерь от погрешности измерений.*

***Ключевые слова:** ремонт двигателя, коленчатый вал, контроль, погрешность измерений, брак при контроле.*

SELECTION OF DIGITAL MEASURING INSTRUMENTS FOR QUALITY CONTROL OF THE CRANKSHAFT MACHINING OF THE D-245 ENGINE FOR REPAIR SIZE

V. G. Zolotukhina, K. Ya. Vergazova

Scientific advisor – O. A. Leonov

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The article shows that it is recommended to use a digital micrometer MKTS-100-0.001 instead of a smooth micrometer MK-100-0.01 to control the main necks of the crankshafts of D-245 engines when processing for repair size on specialized equipment, while increasing the accuracy of measurements and reducing the likelihood of economic losses from measurement errors.*

***Keywords:** engine repair, crankshaft, control, measurement error, defective inspection.*

В настоящее время, в связи с необходимостью импортозамещения, производству и ремонту отечественных и белорусских машин для АПК уделяется существенное внимание [1-3], проектируются и выпускаются новые агрегаты и сборочные единицы сельскохозяйственной техники с применением посадок высокой точности, как с зазорами

[4, 5], так и с натягами [6, 7]. Повышение точности посадок и деталей требует использования более точных средств измерений, испытаний и контроля [8, 9].

Двигатели внутреннего сгорания широко применяются в современной сельскохозяйственной технике, в том числе в тракторах и комбайнах. В России широко используется номенклатура тракторов МТЗ белорусского производства, на которых устанавливаются двигатели Д-243, Д-260, Д-242, Д-244 и Д-245. Высоконагруженной и ответственной деталью двигателя, подверженной износу, является коленчатый вал. Особое место при ремонте коленчатого вала занимает процесс дефектации, когда коренные и шатунные шейки измеряются с целью выявления будущего ремонтного размера [10, 11]. При ремонте двигателей Д-243, Д-260, Д-242, Д-244 и Д-245 коленчатые валы восстанавливаются под ремонтный размер путем шлифования шеек на специальных круглошлифовальных станках со смещением центра обработки.

Контролируемые параметры диаметров коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателей Д-245 представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры контроля шеек коленчатого вала двигателей Д-245

| Контролируемый параметр | Размер с отклонениями | Размер, допустимый без ремонта, мм | Допуск размера, мкм | Допускаемая погрешность измерений, мкм |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------|--|
| Коренная шейка | $75,25_{-0,101}^{-0,083}$ | - | 18 | ± 5 |
| Шатунная шейка | $68,25_{-0,096}^{-0,077}$ | - | 19 | ± 5 |

Рассмотрим процесс контроля коренных шеек коленчатого вала двигателя Д-245 после обработки под ремонтный размер $75,25_{-0,101}^{-0,083}$ мм.

Для контроля коренной шатунной шейки коленчатого вала, имеющих допуск 18 мкм и допускаемую погрешность измерений ± 5 мкм, необходимо выбрать средство измерений, удовлетворяющее условию [12]:

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

где $\Delta \lim$ – предельная погрешность средства измерений;

δ – допускаемая погрешность измерения.

Условие (1) не рекомендует превышать границы допускаемой погрешности измерений. Но использование микрометров МК-100-0,01 и МК-50-0,01 с точностью отсчета 0,01 мм и диапазоном измерений 75...100 мм и 50...75 мм и предельной погрешностью $\Delta \lim = \pm 10$ мкм,

согласно условию (1) запрещено, так как идет превышение значения допускаемой погрешности измерений ± 5 мкм, что приведет к росту внутренних потерь при контроле [13, 14].

В таблице 2 приведен расчет показателей разбраковки и экономии от замены микрометра МК-125 на рычажный микрометр МКЦ-125-0,001 с цифровой головкой, которая имеет точность отсчёта 0,001 мм, при контроле диаметров клапанов двигателей Д-245 во время ремонта.

Таблица 2 – Результаты расчета потерь от погрешности измерений при обработке коренных шеек двигателя Д-245 под ремонтный размер

| Параметр | Средство измерений | |
|--|---|---------|
| | МК100 | МРЦ100 |
| Контролируемый размер, D , мм | 75,25 ^{-0,083} _{-0,101} | |
| Предельная погрешность СИ, Δlim , мкм | ± 10 | ± 5 |
| СКО погрешности измерения, $\sigma_{\text{мет}}$, мкм | 5 | 2,5 |
| Точность технологического процесса, $T/\sigma_{\text{тех}}$ | 4,3 | 4,3 |
| Коэффициент точности измерения, $A_{\text{мет}}$, % | 28 | 14 |
| Количество неправильно принятых шеек, m , % | 1,7 | 0,8 |
| Количество неправильно забракованных шеек, n , % | 11 | 5 |
| Итого брака, % | 12,7 | 5,8 |
| Стоимость коленчатого вала, руб. | 39000 | |
| Затраты на устранение последствий от установки бракованного вала в двигатель, руб. | 8000 | |
| Программа ремонта двигателей | 1000 | |
| Экономия от сокращения неправильно забракованных валов, млн руб. | - | 2,34 |
| Экономия от уменьшения количества неправильно принятых валов, тыс. руб. | - | 72 |

После обработки шеек коленчатого вала применяется сплошной контроль, все шейки в результате контроля принимаются как годные, но из-за погрешности измерений микрометром МК-100 формируется брак 12,7 %, причем из него неправильно забракованных в виде годных, которые попали в брак 11 %. При обнаружении такого брака возникают потери в виде затрат на обработку данных шеек под следующий ремонтный размер, что увеличивает себестоимость ремонта. Применение цифрового микрометра МКЦ-100-0,001, который имеет погрешность измерений ± 5 мкм, происходит значительное снижение неправильно забракованных шеек (всего 5 %) и неправильно принятых шеек (всего 0,8 %), что приводит к экономии, указанной в таблице 2.

Следует иметь в виду, что по данным сайта Челябинского инструментального завода, микрометр МКЦ-100 0,001 ЧИЗ стоит 29 091 руб., а микрометр МК-100 0,01 ЧИЗ – 4 967 руб. Как видно из расчетных данных, величины потерь существенно больше стоимости средств контроля, отсюда можно сделать вывод, что использование более точного средства контроля из числа универсальных средств измерений всегда рационально и эффективно.

Вывод

Для контроля коренных шеек коленчатых валов двигателей Д-245 при обработке под ремонтный размер на специализированном оборудовании рекомендовано использовать цифровой микрометр МКЦ-100-0,001 вместо микрометра гладкого МК-100-0,01, при этом будет повышена точность измерений и уменьшена вероятность возникновения брака и появления экономических потерь от брака.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современная агроинженерия / В. И. Трухачев, О. Н. Дидманидзе, М. Н. Ерохин [и др.]. – М. : Изд-во ООО «Мегаполис», 2022. – 413 с.
2. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М. : Изд-во «Триада», 2020. – 232 с.
3. Производство и ремонт отечественных машин для агропромышленного комплекса с позиции принципа 5М / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 8. – С. 701-704.
4. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Г. Н. Темасова [и др.] // Трение и износ. – 2023. – Т. 44, № 3. – С. 261-269.
5. Леонов, О. А. Определение предельных функциональных зазоров подшипника скольжения в условиях гидродинамической смазки / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Трение и износ. – 2024. – Т. 45, № 4. – С. 327-334.
6. Обоснование посадок соединений со шпонками / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова, Д. У. Хасьянова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 6. – С. 65-71.
7. Расчет посадок соединений упругих втулочно-пальцевых муфт с валами / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 2. – С. 96-101.
8. Леонов, О. А. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // Измерительная техника. – 2022. – № 8. – С. 23-27.

9. Методика оценки брака: процесс контроля коренных шеек коленчатых валов в ремонтном производстве / Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.] // *Агроинженерия*. – 2023. – Т. 25, № 6. – С. 39-45.

10. Леонов, О. А. Совершенствование методики проведения микрометража и дефектации шеек коленчатых валов / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба // *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ*. – 2007. – № 3-1 (23). – С. 81-85.

11. Проектирование и анализ качества контрольных процессов на ремонтных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 95 с.

12. Инструментальный контроль дефектов коренных опор блока цилиндров / О. А. Леонов, В. К. Зимогорский, Ю. Г. Вергазова [и др.] // *Агроинженерия*. – 2024. – Т. 26, № 2. – С. 65-70.

13. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова [и др.] // *Вестник машиностроения*. – 2023. – Т. 102, № 5. – С. 421-426.

14. Основы проектирования операций входного контроля на машиностроительных предприятиях / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба [и др.]. – М. : ООО «ОнтоПринт», 2020. – 89 с.

Об авторах:

Золотухина Валентина Геннадьевна, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», valentinaz35@mail.ru.

Вергазова Каталина Яновна, студент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», uverg@mail.ru.

Научный руководитель – Леонов Олег Альбертович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», oaleonov@rgau-msha.ru.

About the authors:

Valentina G. Zolotukhina, master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, valentinaz35@mail.ru.

Catalina Ya. Vergazova, student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, uverg@mail.ru.

Scientific advisor – Oleg A. Leonov, D.Sc. (Engineering), professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, oaleonov@rgau-msha.ru.