

МЕТОДИКА ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ОТВЕРСТИЯ И ВАЛА ПО УСЛОВИЮ МИНИМИЗАЦИИ СУММАРНЫХ ГОДОВЫХ ИЗДЕРЖЕК

О. А. Леонов¹, Н. Ж. Шкаруба¹, П. В. Авраменко²,
Ю. Г. Вергазова¹, С. А. Дрозд²

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

² ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы, связанные с обоснованием выбора универсальных средств измерений линейных размеров в машиностроительном и ремонтном производстве. Представлена методика выбора средств измерений для контроля линейных размеров деталей, образующих соединение.

Ключевые слова: средства измерений; потери от погрешности измерений; затраты на измерения; суммарные годовые издержки на измерения.

THE METHOD OF CHOOSING THE MEASURING INSTRUMENTS OF THE HOLE AND SHAFT ACCORDING TO THE CONDITION OF MINIMIZING THE TOTAL ANNUAL COSTS

O. A. Leonov^a, N. Zh. Shkaruba^a, P. V. Avramenko^b,
Yu. G. Vergazova^a, S. A. Drozd^b

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

^b Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article deals with issues related to the choice of measuring instruments for linear dimensions in machine-building and repair production. A method for selecting measuring instruments for controlling the linear dimensions of the parts forming the joint is presented.

Keywords: measuring instruments; measurement error losses; measurement costs; total annual measurement costs.

На качество измерений и уровень метрологического обеспечения в целом на машиностроительных и ремонтных

предприятиях во многом повлияло принятие Законов РФ «О единстве измерений», «О техническом регулировании» и «О стандартизации». В соответствии с этими законами деятельность машиностроительных предприятий частично попадает, а для ремонтных предприятий – не попадает под сферу государственного регулирования в области обеспечения единства измерений. Сертификация изделий малого машиностроения может быть обязательной, а услуг по техническому обслуживанию и ремонту – только добровольной. Но требования к конечной продукции – одинаковые: они должны выполнять свои функции и быть работоспособными в определенный промежуток времени. Гарантии безопасности, предъявляемые к узлам и агрегатам после ремонта, такие же, как и к новым. Поэтому порядок получения данных о размерах деталей в процессе дефектации, контроля качества при выполнении технологических процессов, контроля деталей в процессе комплектации, требует особого обоснованного подхода. Несмотря на это, на машиностроительных предприятиях, выпускающих технику для производства и переработки сельхозпродукции и занимающихся ремонтом техники, нет технической документации, касающейся оценки качества измерительных процессов.

Таким образом, достоверность получаемой измерительной информации в процессах входного, промежуточного и выходного контроля, необходимо рационально обосновывать [1, 2, 3]

Такая наука, как взаимозаменяемость и технические измерения, нашла свое место на машиностроительных и ремонтных предприятиях, и уже сформированы различные методики по выбору средств измерений. Для области машиностроения существует стандарт ГОСТ 8.051-81 и методические рекомендации РД 50-98-86 по выбору средств измерений линейных размеров. основоположником исследований в области выбора средств измерений при ремонте машин является А. И. Иванов. В своих работах он установил взаимосвязь приемочных границ с пределами допускаемых погрешностей измерений, а также рассмотрел влияние погрешностей измерений при групповой сортировке (селекции). В качестве метода снижения погрешности измерений А. И. Иванов предложил использовать многократные измерения. Такой подход является не совсем верным, снизить инструментальную составляющую погрешности измерения путем многократных измерений нельзя.

Кроме этого, в своих работах он не рассматривал экономическую составляющую выбора средств измерений.

Широкое применение при выборе линейных средств измерений при ремонте машин получили номограммы. Это очень простой и быстрый способ выбора средств измерения линейных величин, но он не дает возможность уточнить выбор с учетом потерь от погрешности измерений и затрат на измерения, а также приводит к существенным искажениям в выборе.

Процесс измерения не сопровождается созданием материальных ценностей [4], а только затратами, поэтому экономическую составляющую контроля определить достаточно сложно.

Общетеоретические основы оптимизации погрешности измерения по технико-экономическим показателям разработаны Н. П. Мифом, который в своей работе [5] рассмотрел особенности математического описания функций потерь и их распределения при измерениях. При решении задач оптимизации точности важная роль отводится потерям, которые вызваны ошибками измерений 1-го и 2-го рода. Экономически оптимальная точность измерений соответствует минимуму суммы потерь из-за погрешности измерений и затрат на измерения [6, 7, 8].

В свою очередь, потери при контроле из-за ошибок 1-го рода включают в себя стоимость отказа в допуске продукции, которая соответствует требованиям, к продаже или использованию. Это может привести к необоснованным переделкам, росту брака, увеличению себестоимости и снижению прибыли. Потери из-за ошибок 2-го рода возникают из-за того, что несоответствующая продукция допускается до использования или продажи. Это может привести к повреждению техники и другого имущества, травмам или даже смерти водителя. Также возможны репутационные потери и дополнительные затраты на устранение последствий несоответствий.

Выбор средств измерений для контроля деталей, образующих соединение (отверстие и вал) можно осуществлять по представленной методике, включающей в себя восемь взаимосвязанных этапов:

1. Выбор номенклатуры средств измерений для отверстия и для вала с учетом метрологических характеристик из условия ГОСТ 8.051–81:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (1)$$

где Δ_{lim} – предельная погрешность средства измерений;
 δ – допускаемая погрешность измерения.

2. Исследование статистических характеристик измерительного процесса отверстия и вала. Оценка СКО результатов измерений отверстия и вала.

3. Исследование распределения размеров измеряемых деталей. Оценка СКО распределения размеров измеряемых деталей.

4. Исследование вероятностных характеристик параметров контролируемого соединения. Для расчета вероятности появления бракованных соединений можно использовать специальные компьютерные программы [9, 10].

5. Расчет годовых потерь от применения выбранных средств измерений (для каждой выбранной пары средств измерения):

$$P_{\text{И}}^{\text{Г}} = P_{\text{ИЗ}} + P_{\text{ЭК}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{ИЗ}}$ – потери, обусловленные погрешностью измерения при контроле качества изготовления, ремонта и приемки продукции, р./год;

$P_{\text{ЭК}}$ – потери в сфере применения изделий, обусловленные пропуском дефектных изделий (ошибками 2-го рода) на выходном контроле продукции у изготовителя, р./год.

6. Расчет годовых затрат на проведение измерений (для каждой выбранной пары средств измерений):

$$Z_{\text{ИП}}^{\text{Г}} = Z_{\text{И}} + E_{\text{Н}} \cdot K, \quad (3)$$

где $Z_{\text{И}}$ – текущие годовые затраты на измерения контролируемого параметра, р./год;

K – удельные капитальные вложения и другие единовременные затраты, приходящиеся на измерения контролируемого параметра, р.

7. Расчет суммарных годовых издержек измерения (для каждой выбранной пары средств измерений):

$$I_{\Sigma}^{\text{Г}} = (Z_{\text{ИП}}^{\text{Г}} + P_{\text{И}}^{\text{Г}}) \rightarrow \min \quad (4)$$

8. Расчет годового экономического эффекта от использования средств измерений:

$$\Delta = \frac{V_{И1} \cdot (K_1 \cdot (R_p + E_n) + Z_{ИИ1} + П_{И1}) \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_{И2} \cdot (K_2 \cdot (R_p + E_n) + Z_{ИИ2} + П_{И2})}{R_p + E_n}, \quad (5)$$

где $V_{И1}, V_{И2}$ – годовые объемы измерений, изм./год.

Таким образом, предложенная методика определения вероятностных параметров разбраковки с помощью современных методов программирования позволяют производить сложные математические расчеты с учетом реальных характеристик рассеяния размеров объекта измерения. Кроме этого, благодаря тому что в предложенной программе разделены вероятности, характеризующие количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей со стороны исправимого и неисправимого брака, полученные значения можно использовать при оптимизации погрешности измерения по экономическому критерию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Орлов, С. Б. Выбор средства измерений – решение конкретной измерительной задачи / С. Б. Орлов // Законодательная и прикладная метрология. – 2020. – № 1(163). – С. 26-27.
2. Бегунов, А. А. Показатели качества продукции, технологические параметры и нормы точности их измерения / А. А. Бегунов, А. Х. Абдуллаев // Контроль качества продукции. – 2021. – № 5. – С. 55-63. – DOI 10.35400/2541-9900-2021-5-55-63.
3. Кузнецов, Д. А. Технические основы метрологического обеспечения качества продукции, работ, услуг / Д. А. Кузнецов, Б. М. Пашаев // Главный метролог. – 2021. – № 2 (119). – С. 17-23.
4. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И.А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.
5. Миф, Н. П. Оптимизация точности измерений в производстве / Н. П. Миф. – М. : Издательство стандартов, 1991. – 136 с.
6. Шкаруба, Н. Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники : монография / Н. Ж. Шкаруба. – М. : МГАУ, 2009. – 118 с. – ISBN 978-5-86785-244-3.
7. 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. – ISBN 978-5-6042437-3-2. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2021.77.78.001.

8. 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. – ISBN 978-5-6042437-5-6. – DOI 10.37738/VNIIGIM.2020.43.25.001.

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610933 Российская Федерация. Расчет вероятностных характеристик распределения соединений сопрягаемых деталей : № 2017662141 : заявл. 27.11.2017 : опубл. 19.01.2018 / Н. Ж. Шкаруба ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018610898 Российская Федерация. Расчет вероятностных характеристик распределения размеров деталей после разбраковки : № 2017662148 : заявл. 27.11.2017 : опубл. 19.01.2018 / О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба ; заявитель ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева».

Об авторах:

Леонов Олег Альбертович, заведующий кафедрой метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, профессор, oaleonov@rgau-msha.ru.

Шкаруба Нина Жоровна, профессор кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), доктор технических наук, доцент, shkaruba@rgau-msha.ru.

Авраменко Павел Викторович, кандидат технических наук, доцент, ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», (220012, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Независимости, 99), pavel.auramenka@bsatu.by.

Вергазова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры метрологии, стандартизации и управления качеством, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, vergazova@rgau-msha.ru.

Дрозд Сергей Александрович, старший преподаватель, ОУ «Белорусский государственный аграрный технический университет», (220012, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Независимости, 99), drozd.s.a.sm@bsatu.by.

About the authors:

Oleg A. Leonov, Head of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, oaleonov@rgau-msha.ru.

Nina Zh. Shkaruba, professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), D.Sc. (Engineering), professor, shkaruba@rgau-msha.ru.

Pavel V. Avramenko, Cand.Sc. (Engineering), Associate Professor, Belarusian State Agrarian Technical University, (220012, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti Avenue, 99), pavel.avramenka@bsatu.by.

Yulia G. Vergazova, associate professor of the Department of Metrology, Standardization and Quality Management, Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), Cand.Sc. (Engineering), vergazova@rgau-msha.ru.

Sergey A. Drozd, Senior lecturer, Belarusian State Agrarian Technical University, (220012, Republic of Belarus, Minsk, Nezavisimosti Avenue, 99), drozd.s.a.sm@bsatu.by.