

6. Federal'nyy sbornik smetnykh norm i rastsenok na ekspluatatsiyu stroitel'nykh mashin i avtotransportnykh sredstv (utv. postanovleniyem Gosstroya RF ot 23iyulya 2001 g. No. 86) [Federal reference book of cost estimates and quotations for the operation of construction machinery and vehicles (approved by the resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation of July 23, 2001, No. 86)]. 108 p. (in Rus.)

7. GOST 7751-85 Tekhnika, ispol'zuyemaya v sel'skom khozyaystve. Pravila khraneniya [Machinery used in agriculture. Storage rules], 1986. 33 p. (in Rus.)

8. Territorial'nyye smetnyye normativy dlya Moskvy TSN-2001. Part 2 [Territorial cost estimate rates for Moscow TSN-2001. Part 2], 2001. 19 p. (in Rus.)

9. Iofinov S.A., Babenko E.P. Zuyev Yu.A. Spravochnik po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka [Reference book on the operation of the machine and tractor fleet]. Moscow, Kolos, 1985. 272 p. (in Rus.)

10. Khalanskiy V.M., Gorbachev I.V. Sel'skokhozyaystvennyye mashiny [Agricultural machines]. Moscow, Kolos, 2003. 624 p. (in Rus.)

11. Michał Cupiał, Anna Szelaż-Sikoraa, Marcin Niemiec. Optimisation of the machinery park with the use of OTR-7 software in context of sustainable agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. Vol. 3. Pp. 64-69. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.12.034.

12. Lobachevskii Y. [et al.] Harmonizing power categories and towing categories of agricultural tractors with series of preferred numbers. *SAE Technical Papers*. 2017. January. Pp. 18-24. DOI: 10.4271/2017-26-0225.

13. Marchenko O.S. Global problems in agricultural mechanization system of Russian Federation. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2013. Vol. 44. No. 4. Pp. 45-49.

The paper was received on March 6, 2018

УДК 006.91:631.3.02

DOI 10.26897/1728-7936-2018-4-42-46

ЛЕОНОВ ОЛЕГ АЛЬБЕРТОВИЧ, докт. техн. наук, профессор

E-mail: oaleonov@rgau-msha.ru

АНТОНОВА УЛЬЯНА ЮРЬЕВНА

E-mail: ulkabr07@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, ул. Тимирязевская, 49, Москва, Российская Федерация

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭКОНОМИИ ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЕЕ ТОЧНОГО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ МАШИН

Уменьшение потерь от внутреннего и внешнего брака обеспечивается за счет обнаружения данных несоответствий, а также за счет снижения брака 1-го и 2-го рода, который выявляется из-за наличия погрешности измерений. Разработана методика определения экономической эффективности от использования нового средства измерений по сравнению с базовым, в которую включены все параметры, характеризующие потери от измерений, затраты на контроль и стоимость средств измерений. Рассмотрен пример выбора средств измерений для контроля диаметров вала унифицированного редуктора завода «Моссельмаш». Ранее использовавшийся индикатор часового типа ИЧ-10 в стойке С-III при настройке по концевым мерам 3 класса (погрешность 8 мкм) предлагается заменить на скобу рычажную СР-25 в стойке при настройке по концевым мерам 2 класса (погрешность 3,5 мкм). В результате оценки экономической эффективности выявлено, что практически в 3 раза сокращается количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей. Экономия составит 92704,89 руб. при программе контроля 3000 шт. в год. Подтверждена целесообразность использования более точного средства измерения, позволяющего увеличить эффективность и результативность входного и выходного контроля на предприятии технического сервиса.

Ключевые слова: точность, затраты на качество, затраты на измерения и контроль, внутренний и внешний брак, погрешность средства измерений.

Введение. Контроль не связан с созданием материальных ценностей, и от его внедрения возникают экономические потери, но потери при отсутствии контроля обычно значительно выше как для предприятия, так и для потребителя [1].

Сравнения средств измерений в виде «дороже – дешевле» или «точнее – грубее» для современных условий уже не подходят, нужно выбирать средство измерений по экономическим критериям с учетом интересов как изготовителя, так и потребителя продукции [2].

Особенно сложно контролировать размеры деталей в условиях предприятий технического сервиса [3], так как необходимо измерять не только новые изделия, в виде запасных частей, но и ремонтный фонд – изношенные детали [4]. Обеспечение качества ремонта сельскохозяйственной техники в современных дилерских центрах отечественных заводов-изготовителей возможно только путем ввода операций контроля [5]. Современные организационные подходы к метрологическому обеспечению ремонтного производства требуют обоснованного назначения средств контроля. Стандарты предприятия по метрологическому обеспечению работ, по техническому обслуживанию и ремонту техники должны включать в себя перечень мероприятий, которые обуславливают обеспечение единства и требуемой точности в менеджменте измерений [6, 7]. Безусловно, требуемая точность средств измерений должна быть грамотно обеспечена, что далеко не всегда реализуется на практике, появляются потери [8].

Если мероприятия успешны, то уменьшаются итоговые затраты на качество, и не только по величинам потерь от внутреннего и внешнего брака, но и по такому виду затрат, как затраты на измерения и контроль, особенно на первоначальном этапе [9]. Уменьшение потерь как от внутреннего, так и от внешнего брака прогнозируемо, причем не только за счет обнаружения несоответствий и их идентификации на первой операции, но и за счет снижения брака первого и второго рода – неправильно принятых и неправильно забракованных изделий в результате действия погрешности измерений [10]. Для расчета таких потерь разработаны специальные программы [11]. В результате внедрения вышеназванных составляющих значительно возрастет эффективность и результативность входного и выходного контроля на предприятии. Данная деятельность в системе менеджмента качества относится к процедуре «Предупредительные мероприятия» [12]. Именно превентивные воздействия обеспечивают значительный эффект и наибольшую экономию средств.

Цель исследований – расчет экономического эффекта от использования более точного средства измерения.

Методика исследований. Методы определения технико-экономических показателей при контроле и способы выявления влияния погрешности измерений на экономические потери разработаны еще недостаточно. Основная трудность таких расчетов заключается в том, что процесс измерения и кон-

троля не сопровождается созданием материальных ценностей, но экономическое обоснование контроля можно свести к следующему выражению:

$$P_{ок} > P_{к}, \quad (1)$$

где $P_{ок}$ – потери изготовителя продукции при отсутствии контроля; $P_{к}$ – потери изготовителя при контроле.

Потери изготовителя продукции при отсутствии контроля можно разделить на две составляющие:

$$P_{ок} = P_{окр} + P_{окн}, \quad (2)$$

где $P_{окр}$ – потери изготовителя продукции при отсутствии контроля, которые можно рассчитать с достаточной точностью; $P_{окн}$ – потери, которые нельзя рассчитать, а можно лишь ориентировочно предположить.

Потери $P_{окр}$ можно определить по формуле [1]

$$P_{окр} = N \cdot (1 - P_r) \cdot C_б \cdot P_о, \quad (3)$$

где N – число деталей, подверженных контролю, ед.; $C_б$ – затраты, вызванные проникновением в производство или к потребителю бракованных изделий с дефектом, руб./ед.; P_r – вероятность годности детали; $P_о$ – вероятность выхода изделия из строя из-за брака контролируемой детали в процессе эксплуатации в гарантийный период.

Потери $P_{окн}$ складываются из потерь от снижения числа потребителей, от последующего (в результате этого) снижения программы выпуска или перепроизводства, от потери репутации изготовителя качественной продукции и т.п. Определить данный тип потерь достаточно сложно.

Потери изготовителя при контроле $P_{к}$, в свою очередь складываются из потерь от покупки, эксплуатации и погрешности измерений средства контроля (измерений) $P_{си}$, потерь от наличия исправимого брака $P_{иб}$, потерь от неисправимого брака $P_{нб}$:

$$P_{к} = P_{си} + P_{иб} + P_{нб}, \quad (4)$$

Потери от исправимого $P_{иб}$ и неисправимого $P_{нб}$ брака можно определить по выражениям:

$$P_{иб} = Z_{иб} \cdot P_{нб} \cdot N, \quad (5)$$

$$P_{нб} = C_{нб} \cdot P_{нб} \cdot N, \quad (6)$$

где $Z_{иб}$ – затраты на исправление брака; $C_{нб}$ – стоимость неисправимого брака (детали) в момент контроля; $P_{иб}$, $P_{нб}$ – вероятность того, что деталь будет являться исправимым или неисправимым браком после контроля.

Средние годовые потери при измерительном контроле качества продукции рассчитываются по формуле [10]

$$P_{ин} = N \cdot (n \cdot P_{и} + m \cdot P_{н}), \quad (7)$$

где n – количество неправильно забракованной продукции; $P_{и}$ – средние потери изготовителя про-

дукции, связанные с ее ложным забракованием; m – количество неправильно принятой продукции; P_n – потери потребителя и изготовителя продукции в связи с несоответствием ее установленным требованиям.

Потери от использования одного средства измерений при контроле заданного параметра можно определить по выражению

$$P_{си} = A_{ск} \cdot [K_{ск} \cdot (R_p + E_n) + I_{ск} + P_{пн} + P_{пр}], \quad (8)$$

где $A_{ск}$ – количество средств контроля (СК) для данного параметра; $K_{ск}$ – единовременные затраты при использовании СК; R_p – норма реновации; E_n – норматив приведения единовременных затрат; $I_{ск}$ – годовые эксплуатационные издержки при использовании СК; $P_{пн}$ – потери от использования данного СК из-за погрешности измерений; $P_{пр}$ – прочие затраты или потери.

При сравнении СК необходимо определять экономию за весь срок службы использования более точного средства измерения по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & \frac{A_{ск1} \cdot (K_1 \cdot (R_p + E_n) + I_1 + P_{пн1}) \cdot \frac{T_2}{T_1} -}{R_p + E_n} - \\ & \frac{A_{ск2} \cdot (K_2 \cdot (R_p + E_n) + I_2 + P_{пн2})}{R_p + E_n}, \quad (9) \end{aligned}$$

где индексы 1 и 2 относятся к параметрам 1-го и 2-го сравниваемых СИ; T_1 и T_2 – сроки службы сравниваемых СК.

Результаты и обсуждение. При организации контроля средство измерения выбирают из таблиц так, чтобы предельная погрешность измерения Δlim была не больше допускаемой нормируемой погрешности измерения δ [1]:

$$\Delta lim \leq \delta. \quad (10)$$

Рассмотрим методику на примере контроля присоединительного конца вала (шпоночное соединение) унифицированного редуктора НО93.05.000 завода «Моссельмаш» Ø20h8_(-0,033), допуск размера $T = 33$ мкм, допускаемая погрешность измерений $\delta = \pm 8,0$ мкм.

Выбираем следующие средства измерений:

1. Индикатор часового типа ИЧ-10 в стойке С-III при настройке по концевым мерам 3 класса (используемое перемещение стержня до 1 мм) – $\Delta lim = \pm 8$ мкм.

2. Скоба рычажная с ценой деления 0,002 мм СР-25 в стойке при настройке по концевым мерам 2 класса – $\Delta lim = \pm 3,5$ мкм.

Относительную погрешность измерений (коэффициент точности измерений) определяем по формуле:

$$A_{мет}(\sigma) = (\sigma_{мет}/T) \cdot 100\%, \quad (11)$$

где $\sigma_{мет}$ – среднее квадратическое отклонение погрешности измерения $\sigma_{мет} = \Delta lim/2$; T – допуск контролируемого параметра.

Относительная погрешность измерений служит для определения количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей по программам [1].

Расчет экономической целесообразности применения более точного прибора приведен в таблице.

Расчет экономической целесообразности применения более точного средства измерения

Показатель	Средство измерения	
	стойка С-III с индикатором ИЧ-10	скоба рычажная СР-25
Контролируемый размер	20h8	
Δlim	± 8 мкм	$\pm 3,5$ мкм
$\sigma_{мет}$	4 мкм	1,75 мкм
$A_{мет}$	12,1%	5,3%
m	1,67%	0,65%
n	4,36%	1,39%
$P_{иб}$	4 200,3 руб.	4 200,3 руб.
$P_{пб}$	25 848 руб.	25 848 руб.
$P_{ок}$	413 568 руб.	
$P_{пн}$	154 248 руб.	57 642 руб.
$P_{си}$	175 492,05 руб.	84 993,43 руб.
P_k	205 540,53 руб.	115 041,73 руб.
\mathcal{E}	92 704,89 руб.	

Для контроля размеров диаметра вала в условиях единичного, мелкосерийного и ремонтного производства из предлагаемой номенклатуры универсальных средств измерений линейных размеров следует использовать средство измерений с меньшей погрешностью (табл.), при использовании более точного средства измерения – скобы рычажной СР-25. Ее использование, по сравнению с индикатором часового типа ИЧ-10, составит экономию 92704,89 р. при годовой программе контроля 3000 валов в год.

Выводы

Разработана методика для оценки экономической эффективности качества контроля размеров деталей с помощью универсальных и специальных средств измерений. Применение методики позволяет оценить эффект и сравнить новое средство измерений с базовым, с учетом стоимости средства измерений, потерь от измерений и затрат на контроль.

Библиографический список

1. Леонов О.А., Карпузов В.В., Шкаруба Н.Ж., Кисенков Н.Е. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебное пособие. М.: КолосС, 2009. 568 с.
2. Шкаруба Н.Ж. Техничко-экономические критерии выбора универсальных средств измерений при ремонте сельскохозяйственной техники: Монография. М: МГАУ, 2009. 120 с.
3. Дорохов А.С., Корнев В.М., Катаев Ю.В. Технический сервис в системе инженерно-технического обеспечения АПК // Сельский механизатор. 2016. № 8. С. 2-5.
4. Шкаруба Н.Ж. Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации деталей машин // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 41-43.
5. Дорохов А.С. Повышение эффективности входного контроля качества запасных частей и сельскохозяйственной техники. Дис. ... докт. техн. наук. М., 2012. 423 с.
6. Шкаруба Н.Ж., Левщанова Е.А. Место и роль метрологической службы в системе менеджмента измерений // Международный научный журнал. 2014. № 6. С. 56-61.
7. Бондарева Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 4. С. 36-38.
8. Шкаруба Н.Ж. Теоретические основы расчета экономических потерь, связанных с ошибками контроля в ремонтном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2005. № 1 (11). С. 34-37.
9. Шкаруба Н.Ж. Разработка комплексной методики выбора средств измерений линейных размеров при ремонте сельскохозяйственной техники. Дис. ... канд. техн. наук. М., 2006. 156 с.
10. Леонов О.А., Антонова У.Ю. Выбор универсальных средств измерений для контроля гильз цилиндров при селективной сборке // Тракторы и сельхозмашины 2017. № 6. С. 52-57.
11. Шкаруба Н.Ж. Расчет вероятностных характеристик распределения соединений сопрягаемых деталей. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS2018610933. 27.11.2017.
12. Бондарева Г.И., Леонов О.А. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса // Сельский механизатор. 2017. № 8. С. 34-35.

Статья поступила 19.03.2018

CALCULATING ECONOMIC EFFECT OF USING MORE ACCURATE MEASURING INSTRUMENTS FOR MACHINE MANUFACTURING AND REPAIR

OLEG A. LEONOV, DSc(Eng), Professor

E-mail: oaleonov@rgau-msha.ru

ULYANA YU. ANTONOVA

E-mail: ulkabr07@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Timiryazevskaya Str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

At present, economic interests of product manufacturers and consumers are the main criteria for choosing measuring instruments. Loss reduction from internal and external faults can be ensured through the detection of measurement discrepancies, as well as by reducing the defects of the 1st and 2nd kind, which are manifested due to the presence of measurement errors. The authors have worked out a methodology for determining the economic efficiency from the use of a new measuring instrument as compared with the conventional (basic) one, which includes all the parameters characterizing the losses due to inaccurate measurements, monitoring costs and the cost

of measuring instruments. Choosing measurement instruments for controlling shaft diameters of a unified reducer produced by Mosselmash has been offered as an example. The ИЧ-10 indicator that used to be employed before in the C-III rack when adjusting by the end gauge rods of Grade 3 (with an error of 8 μm) is proposed to be replaced with the bracket CP-25 in the rack when adjusting by the end measures of Grade 2 (with an error of 3.5 μm). As a result of the economic effect assessment, it has been revealed that the number of incorrectly accepted and rejected parts has been reduced in almost 3 times. The economic effect has amounted to 92,704.89 rubles with the control program of 3000 pcs. a year. The study has confirmed the expediency of using a more accurate means of measurement, which allows increasing the efficiency and result rating of input and output inspection at a technical service enterprise.

Key words: accuracy, quality costs, measurement and control costs, internal and external spoilage, measuring instrument error.

References

1. Leonov O.A., Karpuzov V.V., Shkaruba N.Zh., Kisenkov N.Ye. Metrologiya, standartizatsiya i sertifikatsiya. Uchebnoe posobie. [Metrology, standardization and certification. Study manual]. Moscow, KolosS, 2009. 568 p. (in Rus.).
2. Shkaruba N.Zh. Tekhniko-ekonomicheskie kriterii vybora universal'nykh sredstv izmereniy pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Monografiya [Technical and economic criteria for selecting universal measuring instruments for the repair of agricultural machinery. Monograph]. Moscow, MGAU, 2009. 120 p. (in Rus.).
3. Dorokhov A.S., Kornev V.M., Kataev Yu.V. Tekhnicheskii servis v sisteme inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya APK [Technical service in the system of engineering and technical support of the farm industry]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016. No 8. Pp. 2-5. (in Rus.).
4. Shkaruba N.Zh. Vliyaniye pogreshnostey izmereniya na rezul'taty razbrakovki pri defektatsii detaley mashin [Influence of measurement errors on fault detection results of machine parts]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016. No 2. Pp. 41-43. (in Rus.).
5. Dorokhov A.S. Povysheniye effektivnosti vkhodnogo kontrolya kachestva zapasnykh chastey i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. [Improving the efficiency of incoming inspection of the quality of spare parts and agricultural machinery] DSc (Eng) thesis. Moscow, 2012. 423 p. (in Rus.).
6. Shkaruba N.Zh., Levshchanova Ye.A. Mesto i rol' metrologicheskoy sluzhby v sisteme menedzhmenta izmereniy [Place and role of the metrological service in the measurement management system]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*. 2014. No. 6. Pp. 56-61. (in Rus.).
7. Bondareva G.I. Vkhodnoy kontrol' i metrologicheskoe obespechenie na predpriyatiyakh tekhnicheskogo servisa, [Input control and metrological support at technical service enterprises]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2017. No. 4. Pp. 36-38. (in Rus.).
8. Shkaruba N.Zh. Teoreticheskie osnovy rascheta ekonomicheskikh poter', svyazannykh s oshibkami kontrolya v remontnom proizvodstve. [Theoretical bases of the calculation of economic losses connected with errors of controlling repair works]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2005. No. 1 (11). Pp. 34-37. (in Rus.).
9. Shkaruba N.Zh. Razrabotka kompleksnoy metodiki vybora sredstv izmereniy lineynykh razmerov pri remonte sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. [Development of a comprehensive methodology for selecting linear measuring instruments for the repair of agricultural machinery]. PhD (Eng) thesis. Moscow, 2006. 156 p. (in Rus.).
10. Leonov O.A., Antonova U.Yu. Vybora universal'nykh sredstv izmereniy dlya kontrolya gil'z tselindrov pri selektivnoy sborke. [Choosing universal measuring instruments for controlling cylinder liners during a selective assembly]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2017. No. 6. Pp. 52-57. (in Rus.).
11. Shkaruba N.Zh. Raschet veroyatnostnykh kharakteristik raspredeleniya soedineniy sopryagaemykh detaley. [Calculation of probabilistic distribution characteristics of mating parts' joints]. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM RUS2018610933 [Certificate of PC program registration RUS2018610933]. 27.11.2017. (in Rus.).
12. Bondareva G.I., Leonov O.A. Postroeniye sovremennoy sistemy kachestva na predpriyatiyakh tekhnicheskogo servisa. [Designing of a modern quality system at technical service enterprises]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2017. No. 8. Pp. 34-35. (in Rus.).

The paper was received on March 19, 2018