

СКОРОХОДОВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ

E-mail: skorokhodovdima@mail.ru

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

**ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА
ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ УСТРОЙСТВОМ**

Разработано автоматизированное измерительное устройство, позволяющее контролировать физико-механические и геометрические параметры запасных частей. Определены наиболее значимые факторы, влияющие на точность контроля автоматизированного устройства: мощность светового излучения, расстояние от источника излучения до контролируемой запасной части, температура внешней среды. По результатам исследования данных факторов определено, что оптимальное значение расстояния между средством измерения (лазерным сканером Рифтек РФ 620) и контролируемым объектом соответствует 115...135 мм, вероятность ошибки измерений при этом менее 5%. Оптимальная мощность сканера составляет 1,5 мВт. Температурный режим работы устройства соответствует диапазону от –10 до +40 °С. Посредством автоматизированного измерительного устройства исследованы запасные части (валы, шестерни, полуоси) переднего ведущего моста трактора МТЗ 82. По результатам контроля параметров запасных частей выявлено, что 10% деталей шестерней не соответствуют диаметру под роликоподшипник, 7,5% валов и 15% полуосей и шестерен не соответствуют заданной массе, что свидетельствует о несоответствии физико-механических свойств материала. Экспериментально подтверждена целесообразность использования автоматизированного измерительного устройства, позволяющего контролировать качество запасных частей.

Ключевые слова: контроль качества, бесконтактные средства измерения, автоматизированное измерительное устройство, технический сервис.

Введение. Применение новых технологий производства и соблюдение всех агротехнических норм позволяет обеспечить высокое качество сельскохозяйственной продукции. В свою очередь надлежащее выполнение технологии требует наличия надежной, производительной и технологичной техники. Использование некачественной сельскохозяйственной техники увеличивает потребность в ее техническом сервисе, что приводит к простоям машин, несоблюдению технологий и росту издержек на приобретение запасных частей.

Очень важно еще на стадии проектирования рабочих органов иметь возможность оценки эффективности принимаемых решений (конструктивных, технологических, материаловедческих и др.) по основному показателю – ресурсу [1].

В этой связи обеспечение поставок качественных запасных частей является важнейшим этапом обновления парка сельскохозяйственных машин и, как следствие, повышения готовности машинно-тракторного парка.

Цель исследований – повышение готовности машинно-тракторного парка за счет совершенствования методов и средств контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники, позволяющих исключить попадание негодных деталей в процесс ремонта сельскохозяйственной техники.

Материал и методы. Теоретические и экспериментальные исследования проводились на основе теории планирования эксперимента, применялись стандартные методики обработки статистических данных. Результаты теоретических исследований подтверждены экспериментальными данными, полученными в лабораторных и производственных условиях.

Анализ различных источников показывает, что качество машиностроительной продукции сельскохозяйственного назначения находится на низком уровне. Запасные части, необходимые для восстановления изношенной техники, не всегда соответствуют установленным требованиям нормативно-технической документации. По данным предприятий материально-технического обеспечения АПК в сельское хозяйство поступают до 45% бракованных запасных частей [2].

Большинство выявленных дефектов связано с изменением физико-механических свойств материала (несоответствие заданной марки стали, значений твердости, шероховатости, коррозионной стойкости защитного покрытия). Нарушение таких свойств запасной детали обусловлено применением несоответствующих материалов при изготовлении с целью удешевления производства. В этой связи требуется совершенствование контроля качества

техники и запасных частей в дилерских центрах при гарантийном обслуживании и в службах технического сервиса при ремонте.

Контроль физико-механических параметров запасных частей позволит на первом этапе выявить брак и предотвратить попадание таких деталей в эксплуатацию.

Целевая функция соответствия физико-механических свойств материала научно-технической документации имеет следующий вид:

$$Pf = f(Ph, P_{тв}, Pd, P_{\psi}, Pl, P_{об}, P_r, P_i, P_p, P_t) \rightarrow 1, \\ \text{при } Z_{\text{сум}} \rightarrow \text{optim}, \\ \Delta f \rightarrow \text{min},$$

где P_h – вероятность соответствия химическому составу материала; $P_{тв}$ – вероятность соответствия твердости контролируемого изделия; P_d – вероятность обеспечения необходимым прочностным и деформационным свойствам материала НТД; P_{ψ} – уровень соответствия ударной вязкости; P_l – соответствие теплопроводности и линейному расширению материала; $P_{об}$ – способ производства

и обработки материала; P_r – наличие коррозионной стойкости; P_i – наличие износостойкости; P_p – соответствие плотности материала; P_t – соответствие температуры плавления материала; $Z_{\text{сум}}$ – суммарные затраты на организацию и проведение контроля физико-механических параметров запасных частей; Δf – погрешность измерений.

Анализ методов измерений геометрических и физико-механических параметров запасных частей позволил определить основные компоненты и элементы, входящие в разработанное автоматизированное измерительное устройство, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1[3].

Все компоненты составляют единую автоматизированную измерительную систему с четко определенной логикой связей и стабильными эффективными интерфейсами взаимодействия. Однако при этом необходимо отметить, что на процесс измерения автоматизированным измерительным устройством влияют различные факторы, которые увеличивают погрешность измерения средств контроля (рис. 2) [4].

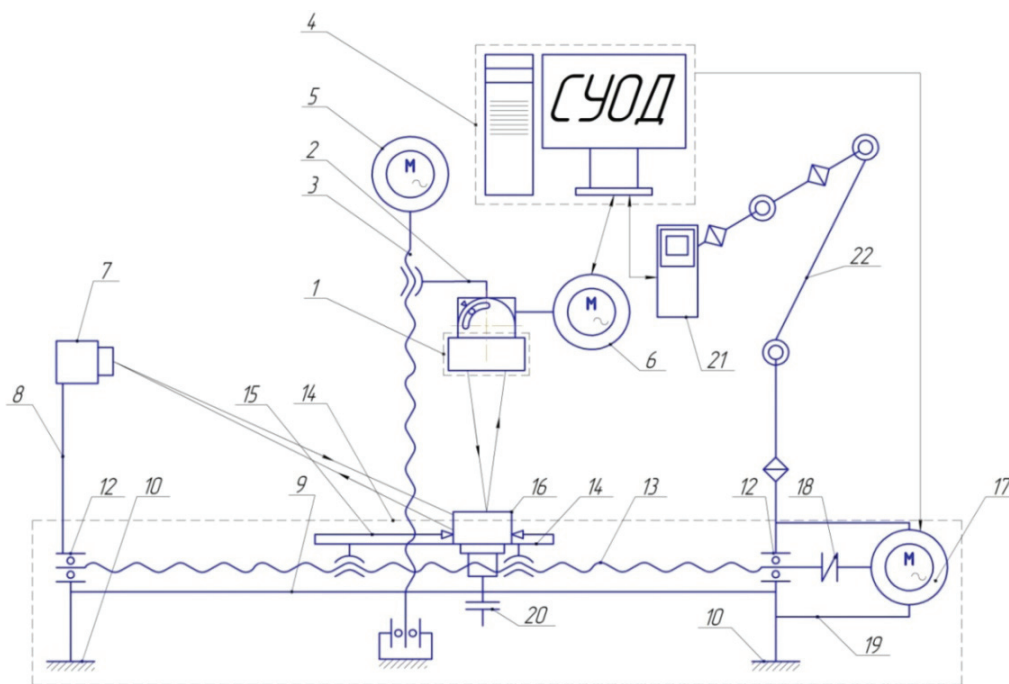


Рис. 1. Принципиальная схема автоматизированного измерительного устройства:
 1 – триангуляционный лазерный сканер; 2 – кронштейн; 3 – винтовая стойка;
 4 – система управления и обработки данных; 5, 6, 17 – шаговые электродвигатели;
 7 – лазерный датчик; 8 – стойка; 9 – станина; 10 – опора; 11 – перемещающее устройство;
 12 – подшипниковые узлы; 13 – главный винт; 14 – стол; 15 – быстроразъемное соединение;
 16 – контролируемое изделие; 18 – соединительная муфта; 19 – подъемник;
 20 – измеритель массы; 21 – анализатор металла; 22 – манипулятор

Исследование влияния факторов (мощность светового излучения, расстояние от источника излучения до контролируемой запасной части, темпе-

ратура внешней среды) позволит решить проблемы, связанные с качеством контроля и, как следствие, повышением точности измерений.

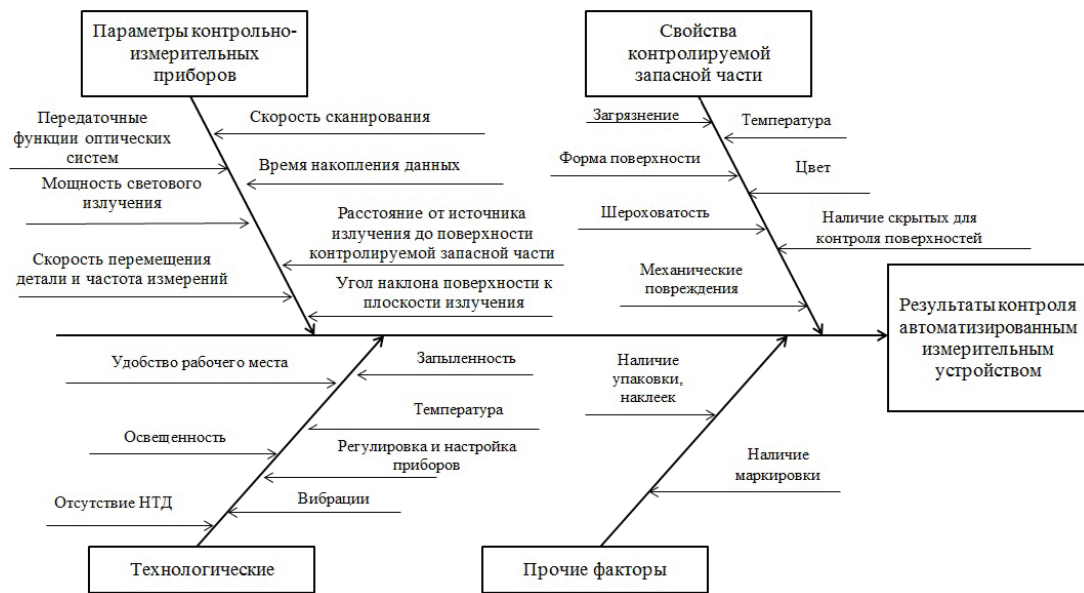


Рис. 2. Факторы, влияющие на результат контроля автоматизированным измерительным устройством

Погрешность измерений от мощности светового излучения будет иметь следующее выражение [5]:

$$\Delta X = 0,5 \cdot n \cdot \frac{B_{н.в.маx}}{n_{маx}}, \text{ мм}, \quad (1)$$

где n – мощность лазера, мВт; $B_{н.в.маx}$ – ширина световой линии при максимальной мощности лазера, мм; $n_{маx}$ – максимальная мощность сканера, мВт.

Анализ влияния расстояния от источника излучения до поверхности контролируемой запасной части на точность автоматизированного измерительного устройства выявил следующую погрешность измерений в поперечной плоскости [6]:

$$\Delta x = \pm 0,5 \frac{Z B_{SMR}}{Z_{SMR} r}, \quad (2)$$

где Δx – погрешность измерений по оси X , мм; Z – расстояние от излучателя до контролируемой поверхности запасной части, мм; B_{SMR} – ширина зоны сканера в начале сканирования, мм; Z_{SMR} – расстояние от источника излучения до начала сканирования, мм; r – разрешение ПЗС-матрицы, тч./дюйм.

Погрешность измерений по вертикали имеет следующее выражение [7]:

$$\Delta Z = \pm \frac{Z^2 B_{SMR} R_y r Z_{SMR}}{2 R_y^2 Z_{SMR} r^2 - 0,5 Z^2 B_{SMR}^2}, \quad (3)$$

где ΔZ – погрешность измерений по оси Z , мм; R_y – расстояние между центрами выходных окон лазера и ПЗС-матрицы, мм.

Результаты и обсуждения. Исследования влияния расстояния между источником излучения и контролируемым объектом позволили получить следующие распределения влияния данного фактора (рис. 3).

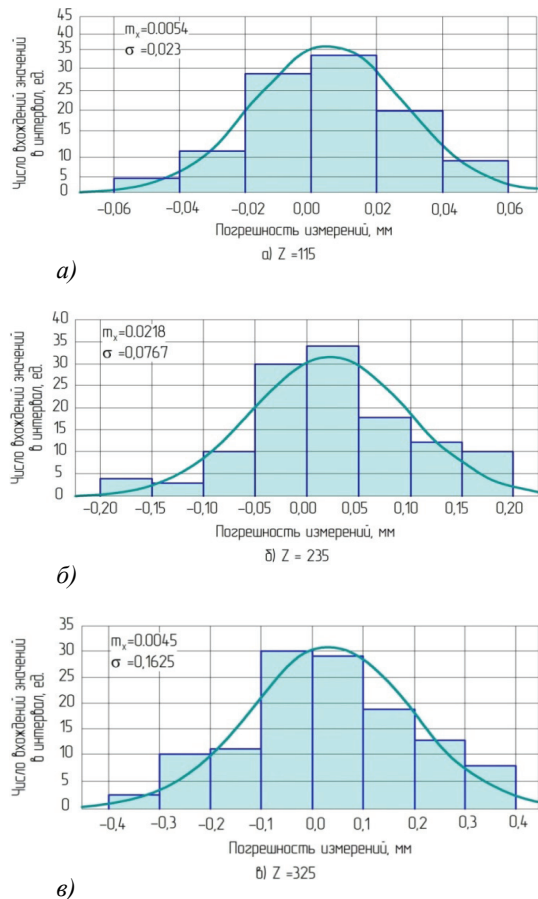


Рис. 3. Распределение погрешности измерений между источником излучения и контролируемым объектом при различных уровнях высоты измерения: а) $Z = 115$ мм; б) $Z = 235$ мм; в) $Z = 325$ мм

Установлено, что оптимальное значение расстояния между средством измерения и контролируемым объектом составляет 34% рабочего диапазона триангуляционного лазерного сканера Рифтек РФ 620 (от 115 до 135 мм), при вероятности ошибки измерений менее 5% (рис. 4а).

Оптимальная мощность сканера установлена многократными экспериментальными исследованиями и составляет 1,5 мВт (рис. 4б).

На рисунке 5 показан диапазон окружающей температуры для работы автоматизированного измерительного устройства.

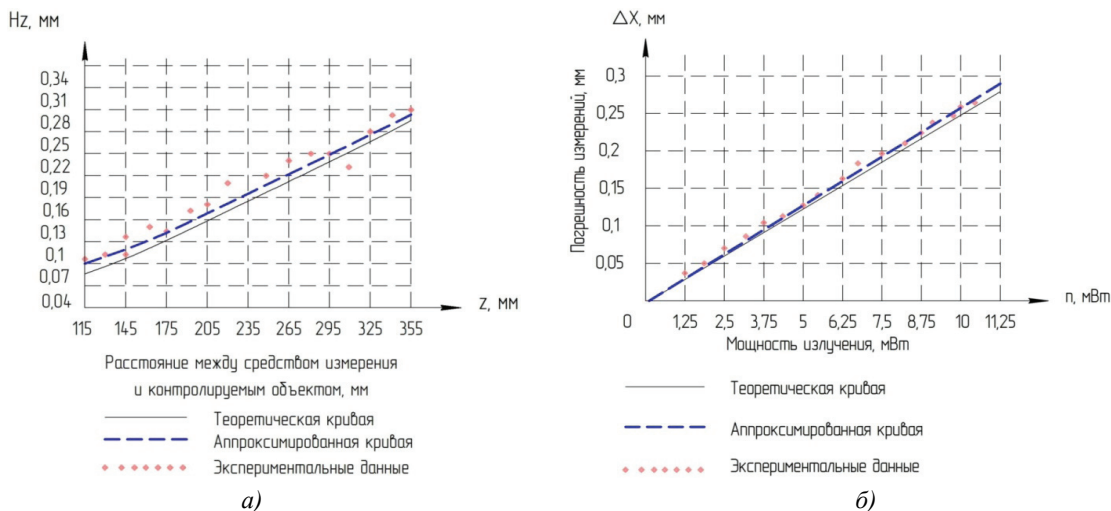


Рис. 4. Теоретическая и экспериментальная кривые зависимости погрешности контроля геометрических параметров запасных частей от:
а – расстояния между источником излучения и контролируемым объектом;
б – мощности излучения лазерным сканером

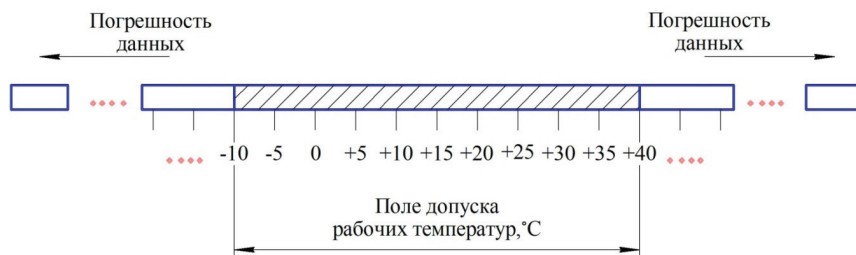


Рис. 5. Диапазон рабочих температур работы автоматизированного измерительного устройства

Оптимальным температурным режимом работы устройства является диапазон от -10 до $+40^{\circ}\text{C}$, контроль массы запасных частей за пределами оптимальных условий работы следует осуществлять с поправочным коэффициентом: ниже -10°C поправочный коэффициент $t_{п.коэф.} = -0,02$ кг; ниже -18°C поправочный коэффициент $t_{п.коэф.} = -0,04$ кг.

Получена экспериментальная кривая зависимости погрешности измерений от отклонения температуры от нормальных условий (рис. 6).

Были исследованы детали переднего ведущего моста трактора МТЗ 82 (вал, полуось, шестерня), поступающие в качестве запасных частей на ремонтные предприятия.

По результатам испытаний исследуемых запасных частей выявлены не соответствия

по геометрическим параметрам у 10% деталей по диаметру, и у 7,5% деталей по толщине шлицев (рис. 7).

В результате контроля массы запасных частей выявлены несоответствия у следующих деталей: валы $-17,5\%$; полуоси и шестерни -15% .

Отклонения массы запасных частей от нормативного значения свидетельствует о несоответствии физико-механических свойств материала. По технической документации исследуемые запасные части должны изготавливаться из стали 40Х. При контроле установлено, что 18% деталей изготовлены из стали Ст3. Это говорит о том, что недобросовестные производители, с целью удешевления продукции, заменяют качественную легированную сталь.

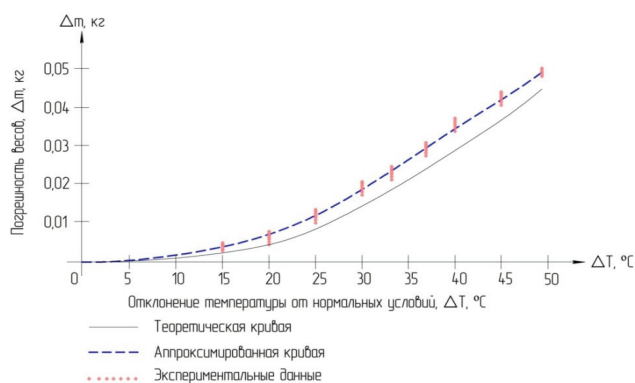


Рис. 6. Теоретическая и экспериментальная кривые зависимости погрешности измерений массы запасных частей от температуры

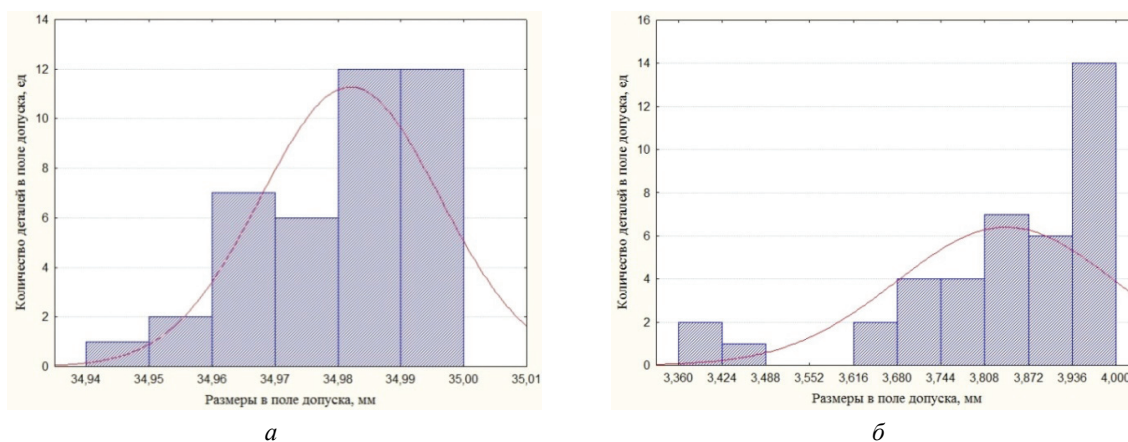


Рис. 7. Распределение размеров деталей типа шестерня в поле допуска при контроле автоматизированным измерительным устройством: а – диаметр под роликоподшипник; б – толщина шлицев

Выводы

1. Погрешность данных контроля автоматизированным измерительным устройством зависит от следующих факторов: мощности излучения сканера, расстояния от источника излучения до поверхности контролируемой запасной части, температуры внешней среды.

2. В результате экспериментальных исследований автоматизированным измерительным устройством в лабораторных условиях и в условиях технического сервиса определили: температурный режим работы автоматизированного измерительного устройства составляет от -10 до 40°C ; оптимальная мощность излучения сканера – $1,5$ мВт; время контроля автоматизированным измерительным устройством запасной детали зависит от контролируемых параметров и составляет $60 \dots 240$ секунд; рабочий диапазон сканера – $115 \dots 180$ мм, при этом вероятность ошибки менее 5% .

Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Новиков В.С. Прогнозирование долговечности рабочих органов почвообра-

батывающих машин при их разработке // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2017. № 6 (82). С. 56-62.

2. Дорохов А.С., Катаев Ю.В., Скороходов Д.М. Теоретическое обоснование классификации входного контроля качества машиностроительной продукции // Международный технико-экономический журнал. 2015. № 2. С. 49-54.

3. Автоматизированное измерительное устройство: Пат. РФ № 163511. 2016 / А.С. Дорохов, К.А. Краснящих, Ю.В. Катаев, Д.М. Скороходов. Оpubл. 20.07.2016. Бюл. № 20.

4. Семейкин В.А., Дорохов А.С. Экономическая эффективность входного контроля качества сельскохозяйственной техники // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2009. № 7. С. 15-17.

5. Дорохов А.С., Краснящих К.А., Скороходов Д.М. Средства контроля качества сельскохозяйственной техники // Сельский механизатор. 2015. № 10. С. 34-36.

6. Краснящих К.А. Совершенствование технологии входного контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники в условиях техниче-

ского сервиса: Дис. ... канд. техн. наук. М.: ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина», 2013. 217 с.

7. Краснящих К.А., Свиридов А.С. Анализ возможности использования промышленных роботов на мобильных платформах // В сб.: Фундаменталь-

ные и прикладные науки сегодня: Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2016. С. 129-131.

Статья поступила 27.02.2018

DETERMINANTS OF QUALITY CONTROL ACCURACY OF AUTOMATED MEASURING DEVICE FOR SPARE PARTS OF AGRICULTURAL MACHINERY

DMITRY M. SKOROKHODOV

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

The paper is devoted to the improvement of methods and means of ling physicomachanical and geometrical parameters of spare parts at technical service enterprises. As an experimental installation, an automated measuring device has been developed to control physical-and-mechanical and geometric parameters of spare parts. The author has determined the most significant factors influencing the control accuracy of automated devices: light radiation intensity, the distance from the radiation source to the monitored spare part, the external environment temperature. Basing on the study results of the effect of these factors, it has been determined that the optimum value of the distance between the measuring instrument (the Riftek RF 620 laser scanner) and the monitored object should be equal to 115...135 mm, the probability of measurement error being less than 5%. Basing on the study results, the author has stated that the optimal value of the distance between the measuring tool and the monitored object is the first 34% of the working range of a triangulation laser scanner, the optimum power of a scanner is 1.5 mW, the temperature mode of the device ranging from -10°C ... $+40^{\circ}\text{C}$. Spare parts (shafts, gears, axle shafts) of the front driving axle of the MTZ 82 tractor have been examined by means of an automated measuring device. The checking results of the parameters of spare parts have revealed that 10% of the gear parts do not correspond to the diameter required for a roller bearing, 7.5% of shafts and 15% of axle-shfts and gears do not correspond to the required mass value, which indicates a mismatch between physical and mechanical properties of the material. Thus the expediency of using an automated measuring device has been experimentally confirmed, which allows controlling the quality of spare parts.

Key words: quality control, noncontact measuring means, automated measuring device, technical service.

References

1. Yerokhin M.N., Novikov V.S. Prognozirovaniye dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin pri ikh razrabotke [Forecasting the longevity of working organs of tillers in their development]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2017. No. 6 (82). Pp. 56-62. (in Rus.)
2. Dorokhov A.S., Katayev Yu.V., Skorokhodov D.M. Teoreticheskiye obosnovaniye klassifikatsii vkhodnogo kontrolya kachestva mashinostroitel'noy produktsii [Theoretical grounds for the classification of input quality control of engineering products]. *Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskyy zhurnal*. 2015. No. 2. Pp. 49-54. (in Rus.)
3. Dorokhov A.S., Krasnyashchikh K.A., Katayev Yu.V., Skorokhodov D.M. Avtomatizirovannoye izmeritel'noye ustroystvo [Automated measuring device]: Patent RF No. 163511. 2016. Published on 20.07.2016. Bul. No. 20. (in Rus.)
4. Semeykin V.A., Dorokhov A.S. Ekonomicheskaya effektivnost' vkhodnogo kontrolya kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Economic efficiency of input quality control of agricultural machinery]. *Vestnik of Moscow Goryachkin Agroengineering University*. 2009. No. 7. Pp. 15-17. (in Rus.)
5. Dorokhov A.S., Krasnyashchikh K.A., Skorokhodov D.M. Sredstva kontrolya kachestva sel'skokhozyaystvennoy tekhniki [Quality control means of farm machinery]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2015. No. 10. Pp. 34-36. (in Rus.)
6. Krasnyashchikh K.A. Sovershenstvovaniye tekhnologii vkhodnogo kontrolya kachestva zapasnykh chastey sel'skokhozyaystvennoy tekhniki v usloviyakh tekhnicheskogo servisa [Improving the quality inspection technology of agricultural machinery spare parts in terms of technical service]: PhD (Eng). Moscow, FGOU VPO "MGAU imeni V.P. Goryachkina", 2013. 217 p. (in Rus.)
7. Krasnyashchikh K.A., Sviridov A.S. Analiz vozmozhnosti ispol'zovaniya promyshlennykh robotov na mobil'nykh platformakh [Analysis of a possibility of using industrial robots on mobile platforms]. *In: Fundamental'nyye i prikladnyye nauki segodnya: Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. 2016. Pp. 129-131. (in Rus.)

The paper was received on February 27, 2018