

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.3

<https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-4-44-50>



Цифровая маркировка запасных частей

П.В. Голиницкий¹, У.Ю. Антонова², Э.И. Черкасова³

^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; г. Москва, Россия

¹ gpv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7303-1658>

² uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>

³ e.cherkasova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2495-2028>

Аннотация. Цилиндропоршневая группа (ЦПГ), от работы которой зависят надежность и эффективность всей техники, наиболее часто подвергается ремонту в автотракторных двигателях. В ремонтном производстве используемая человеко-читаемая маркировка деталей, основанная на цветовых схемах, является недостаточно информативной, поэтому целесообразно переходить от человекочитаемой к машиночитаемой маркировке. С целью внедрения цифровой маркировки для запасных частей и цифровой трансформации ремонтных предприятий рассмотрены основные показатели качества запасных частей ЦПГ автотракторных двигателей и селективная сборка соединений «Поршень-гильза» двигателей ЗМЗ-402 по 10 группам. Для повышения точности базовых условий сборки при реализации метода межгрупповой взаимозаменяемости ЦПГ двигателей и автоматизации процесса комплектации предложено использовать машиночитаемую маркировку на основе QR-кода или радиочастотные метки. Преимуществами QR-кода являются невысокая стоимость его создания, быстрая считываемость информации, возможность создания избыточного QR-кода, высокая емкость, возможность считывания нескольких меток одновременно. Маркировка с помощью средств радиочастотных меток (RFID, NFC) позволяет кодировать и считывать информацию без непосредственного контакта. Она является более устойчивой к механическим воздействиям по сравнению с QR-кодом. Существенными недостатками радиочастотных меток являются сложность со считыванием при экранировании сигнала и высокая стоимость внедрения данной системы маркировки. Цифровая маркировка запасных частей поможет спрогнозировать спрос, позволит повысить автоматизацию, удобство работы со складскими базами данных и прозрачность проводимых операций, более точно прогнозировать сроки и стоимость ремонта. Использование QR-кода совместно с информационной средой (интернет-каталогом) предприятия позволит увеличить собираемость при селективной сборке и снизить вероятность возникновения ошибок персонала.

Ключевые слова: цифровая маркировка запасных частей, цифровая маркировка, QR-код, радиочастотные метки, цилиндропоршневая группа, контроль, дефект, селективная сборка

Для цитирования: Голиницкий П.В., Антонова У.Ю., Черкасова Э.И. Цифровая маркировка запасных частей // Агроинженерия. 2024. Т. 26, № 4. С. 44-50. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-4-44-50>

ORIGINAL PAPER

Digital marking of spare parts

P.V. Golinitzkiy¹, U.Yu. Antonova², E.I. Cherkasova³

^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; Moscow, Russia

¹ gpv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7303-1658>

² uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>

³ e.cherkasova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2495-2028>

Abstract. The main component that is most often subject to repair in auto-tractor engines is the cylinder-piston unit, the operation of which will determine the reliability and efficiency of all equipment. Currently, color marking is used for cylinder-piston groups, but this type of marking is not sufficiently informative. There is an urgent need to shift

from human-readable markings to machine-readable ones. To introduce digital marking for spare parts and ensure digital transformation of repair enterprises, the authors considered the main quality indicators of spare parts of automotive tractor engines and selective assembly of “piston – cylinder liner” conjugation of ZMZ-402 engines by ten units. When implementing the method of intergroup interchangeability of cylinder-piston units, it is rational to use machine-readable markings based on QR codes or radio frequency tags or to automate the assembly process and increase the accuracy of basic assembly conditions. The advantages of using a QR code as a machine-readable marking include low cost of equipment, fast readability of information, the ability to create a redundant QR code, high capacity, and the ability to read several tags simultaneously. Marking with radio-frequency tags (RFID, NFC) allows encoding and reading information without direct contact, it is more resistant to mechanical influences in comparison with QR code. Significant disadvantages of radio-frequency tags are difficulty in reading when the signal is shielded and high cost of implementation of this marking system. The use of digital marking will make it possible to predict demand, increase automation and ease of working with warehouse databases, increase the transparency of ongoing operations, more accurately predict the timing and cost of repairs. The use of QR codes in conjunction with the enterprise information environment (E-catalogue) will increase the collection rate during selective assembly and the probability of man-made errors.

Keywords: digital marking of spare parts, digital marking, QR code, radio frequency tags, cylinder-piston unit, control, defect, selective assembly

For citation: Golinitkiy P.V., Antonova U.Yu., Cherkasova E.I. Digital marking of spare parts. *Agricultural Engineering (Moscow)*. 2024;26(4):44-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2024-4-44-50>

Введение

По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации («О структуре парка сельскохозяйственной техники») за 2022 г., объем тракторов старше 10 лет, находящихся в эксплуатации, превышал 58%, для зерноуборочных комбайнов – более 45%, для кормоуборочных – свыше 43%. В сельскохозяйственной отрасли РФ наблюдается снижение объемов приобретаемой новой техники и количества списаний техники по износу основных узлов и агрегатов в связи с запретом поставок зарубежной техники.

Предприятия технического сервиса по ремонту сельскохозяйственной техники для сохранения конкурентоспособности в своем сегменте рынка улучшают качество выполняемых работ и услуг путем предотвращения несоответствий и совершенствования контрольных мероприятий [1-3]. Технологическое оборудование и качество выполнения производственных процессов анализируются с позиции наличия брака и иных дефектов [4, 5] для обеспечения требуемой точности деталей, образующих ответственные соединения [6, 7]. Качество процессов дефектации и контроля деталей гарантируется при строгом соблюдении условий выбора средств контроля в соответствии с требуемой точностью [8-10]. Уменьшить потери от внутреннего и внешнего брака [11, 12] за счет повышения точности измерений при контроле позволяют высокая степень автоматизации процесса, квалифицированный персонал и система менеджмента качества (СМК). Стоимость ремонта определяется объемом и видом работ, затратами на контроль.

Надежность и эффективность сельскохозяйственной техники зависят, в том числе, от работы цилиндропоршневой группы (ЦПГ) – наиболее часто ремонтируемого узла в автотракторных двигателях. Качество сборки ЦПГ обеспечивается методами групповой взаимозаменяемости (селективной сборкой).

Детали ЦПГ за время эксплуатации техники подвергаются многократной замене. Даже незначительные отступления от требований качества могут привести к потере мощности двигателя и его перегреву, повышению расхода масла, стукам и надирам ЦПГ.

Использование современного оборудования при производстве позволяет достигать необходимых норм точности, селективной сборки, снижения риска проявления человеческого фактора и низкого процента незавершенного производства [14-16]. Однако использование на ремонтных предприятиях оборудования высокого класса делает производство нерентабельным, поэтому вместо восстановления, требующего большей квалификации сотрудников, чем при производстве, чаще прибегают к замене деталей ЦПГ.

Цель исследований: рассмотреть возможность применения цифровой маркировки для запасных частей и цифровой трансформации ремонтных предприятий.

Материалы и методы

Для исследований выбраны двигатели Заволжского моторного завода (ЗМЗ). Данный производитель использует человекочитаемую маркировку, основанную на цветовых схемах: для обозначения

параметров гильз используется синий или зеленый цвет; на поршневые пальцы наносится маркировка белого, зеленого, желтого и красного цвета (рис. 1).

Поскольку данный вид маркировки недостаточно информативен, его дополняют буквенными и числовыми обозначениями, наносимыми теснением, что дополнительно усложняет идентификацию. Целесообразно переходить от человекочитаемой к машиночитаемой маркировке.

Результаты и их обсуждение

Для снижения числа ошибок при выборе деталей ЦПГ производители выпускают полные комплекты в расчете на один цилиндр, при этом сохраняется вероятность неправильной компоновки в рамках одного двигателя. Также на предприятиях производятся поршни ремонтных размеров, которые соединяются в пары с гильзами, обработанными под ремонтный размер.

При реализации метода межгрупповой взаимозаменяемости ЦПГ двигателей ЗМЗ-402 (рис. 2) и автоматизации процесса комплектации рационально использовать машиночитаемую маркировку. При этом можно повысить точность базовых условий сборки



Рис. 1. Промаркированные элементы ЦПГ
Fig. 1. Marked elements of the cylinder-piston unit

и собирать детали, как показано на рисунке 3 на примере групп Г1, Д и Д1. Гильзу цилиндров из группы Д можно собрать с поршнем из групп Д и Д1, а гильзу цилиндров из группы Д1 также можно собрать с поршнем из групп Д и Д1. Дополнительно при реализации 10 групп селекции формируется запас на износ, который для двигателей ЗМЗ-402 составляет 12 мкм. При этом повышается стабильность зазоров в посадке, эксплуатация соединения начинается практически с наименьшего зазора, что уменьшает шумы, расход масла на угар, повышает компрессию, мощность двигателя, и самое главное – долговечность соединений.

Метод межгрупповой взаимозаменяемости позволяет полностью исключить незавершенное производство за счет использования возможности перехода деталей в соседние группы (табл. 1).

Цифровая, или машиночитаемая маркировка, позволяет собирать, накапливать и анализировать данные о потребности и сроке службы запасных частей. Она является ключом к цифровой трансформации ремонтных предприятий и позволяет увеличить эффективность ремонтных процессов [17].

Используемая машиночитаемая маркировка в виде квадрата двумерного матричного штрихкода Data Matrix для молочной продукции и питьевой бутилированной воды не приспособлена к условиям машиностроительного производства, поскольку в ней нет дублирующих элементов, позволяющих получить информацию при ее повреждении. Мы предлагаем рассмотреть маркировку на основе QR-кода и радиочастотных меток.

Преимуществами QR-кода являются невысокая стоимость необходимого оборудования для его создания и последующей работы с ним, быстрая считываемость информации, возможность создания избыточного QR-кода для корректного считывания информации при утрате площади маркировки до 30%,

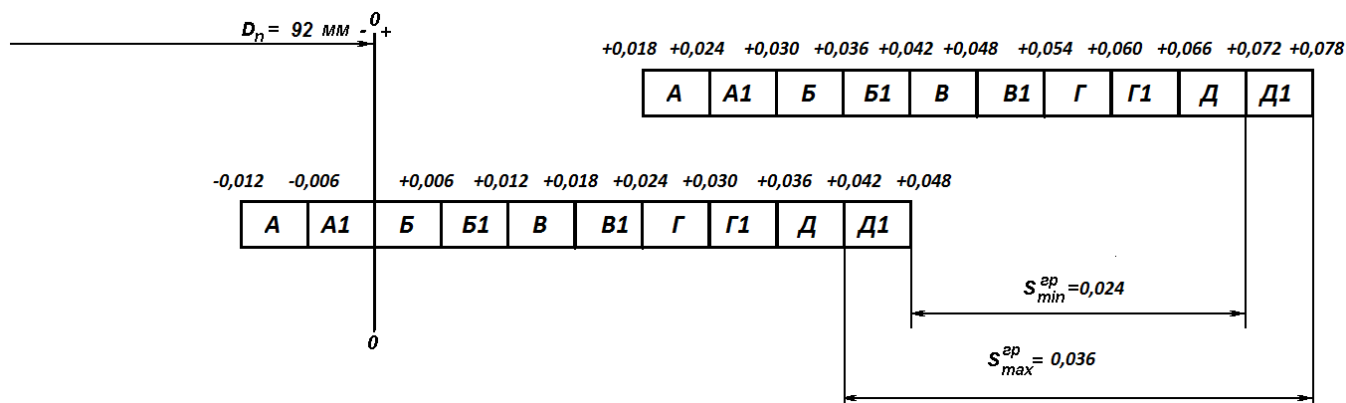


Рис. 2. Селективная сборка соединений «Поршень-гильза» двигателей ЗМЗ-402 по 10 группам
Fig. 2. Selective assembly of “piston-liner” conjugations of ZMZ-402 engines into ten groups

высокая емкость, возможность считывания нескольких меток одновременно.

QR-кодом (рис. 4) можно маркировать как отдельные элементы, так и товарную упаковку комплекта. Данный вид маркировки позволяет хранить в себе все необходимые при ремонте параметры (табл. 2). Наибольший эффект будет наблюдаться при использовании фирменного интернет-каталога (магазина) производителя, который позволит установить параметры изделия и расширить возможности применения.

Применение интернет-каталога позволит заранее подготовить закодированные метки для ускорения операции маркировки, а при интеграции с информационной средой предприятия поможет отслеживать производственные стадии для сбора и анализа статистики возникающих дефектов.

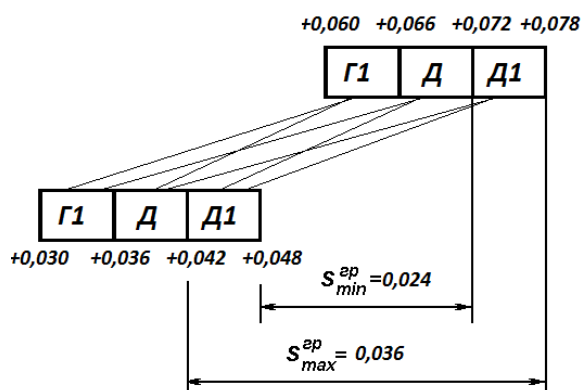


Рис. 3. Элемент межгрупповой сборки в группах Г и Д
Fig. 3. Element of the intergroup assembly in groups G and D

В постпроизводственный этап жизненного цикла запасных частей можно отслеживать распределение продукции по регионам, что позволит спрогнозировать спрос. Машиночитаемая маркировка совместно с интернет-каталогом являются удобными на этапах хранения, транспортировки и реализации товара. В дополнение к основной информации о продукте в интернет-каталоге можно размещать рекомендации по его ремонту, сведения о снятии с производства или замене на новую модификацию. Использование данного метода на ремонтных предприятиях позволит повысить прозрачность проводимых операций, более точно прогнозировать сроки и стоимость ремонта, а использование совместно с информационной средой предприятия снизит вероятность возникновения ошибок персонала.

Маркировка с помощью QR-кодов получила широкое распространение, на рынке представлена обширная номенклатура оборудования различных классов и производительности. Для средних предприятий затраты на производственную линию составят порядка 900 тыс. руб. Помимо затрат на оборудование, необходимо учесть затраты на разработку или доработку программного обеспечения включая интернет-каталог. В этом случае затраты на линию могут превысить 1500 тыс. руб.

Затраты ремонтных предприятий при использовании данного метода будут зависеть от степени их автоматизации и превысят 300 тыс. руб.

Наименьшие затраты на внедрение данной системы маркировки понесут логистические предприятия

Таблица 1
Применение метода межгрупповой взаимозаменяемости для соединения «Поршень-гильза» двигателя ЗМЗ-402

Table 1
Applying the intergroup interchangeability method for the “piston-cylinder liner” conjugation of the ZMZ 402 engine

Группа Group	До применения метода / Before using the method			После применения метода / After using the method		
	Гильза цилиндров Cylinder liner	Поршень Piston	Незавершенное производство Unfinished production	Гильза цилиндров Cylinder liner	Поршень Piston	Незавершенное производство Unfinished production
А	2	1	1	2	2	0
А1	4	3	1	5	5	0
Б	10	9	1	8	8	0
Б1	18	17	1	15	15	0
В	19	18	1	20	20	0
В1	19	20	1	21	21	0
Г	14	16	2	13	13	0
Г1	10	11	1	11	11	0
Д	3	4	1	4	4	0
Д1	1	1	0	1	1	0
Итого / Total	100	100	10	100	100	0

и центры оптово-розничной торговли, оснащенные необходимым оборудованием. Основные затраты потребуются для совершенствования программного обеспечения (не более 300 тыс. руб.).



Рис. 4. Машиночитаемая маркировка в виде QR-кода с 30%-ной избыточностью
Fig. 4. Machine-readable marking in the form of a QR code with 30% redundancy

Затраты на самоклеящиеся этикетки с нанесенным QR-кодом на компоненты ЦПП не превысят 10 руб. за 1 шт.

Цифровая маркировка запасных частей с помощью средств радиочастотных меток (RFID, NFC) позволяет кодировать и считывать информацию без непосредственного контакта, в том числе визуального. Радиочастотные метки обладают большей устойчивостью к механическим воздействиям по сравнению с QR-кодом. Однако в случае экранирования сигнала могут возникнуть сложности со считыванием, также стоит учитывать высокую стоимость оборудования на всех этапах жизненного цикла. При использовании радиочастотных меток стоимость внедрения увеличится в 5...6 раз, что делает данный тип маркировки дорогостоящим.

Параметры гильзы цилиндра и поршня двигателя ЗМЗ, содержащиеся в QR-коде

Таблица 2

Parameters of the cylinder liner and piston of the ZMZ engine contained in the QR code

Table 2

Параметр / Parameter	Значение / Value
Гильза цилиндра / Cylinder liner	
Номинальный диаметр, мм / Nominal diameter, mm	92,530
Шероховатость внутренней поверхности гильзы цилиндров, Ra, мкм Roughness of the inner surface of the cylinder liner, Ra, mkm	1,32
Высота гильзы цилиндров, мм / Cylinder liner height, mm	168,5
Овальность, мм / Ovality, mm	0,010
Конусообразность, мм / Taper, mm	0,010
Твердость, HB / Hardness	230
Химический состав / Chemical composition	ИЧГ-33М
Поршень / Piston	
Диаметр юбки поршня, мм / Piston skirt diameter, mm	92,490
Диаметр под поршневой палец, мм / Piston pin diameter, mm	21,9975
Масса, г / Weight, g	2400
Химический состав / Chemical composition	AK12MMrH

Выводы

Применение цифровой маркировки запасных частей позволит спрогнозировать их спрос, повысить автоматизацию и удобство работы со складскими базами данных, повысить прозрачность проводимых операций, более точно прогнозировать сроки и

стоимость ремонта. Совместное использование с информационной средой предприятия (интернет-каталогом) позволит увеличить собираемость при селективной сборке и снизить вероятность возникновения ошибок персонала.

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. <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704>
2. Леонов О.А., Темасова Г.Н., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Методика расчета эффективности функционирования системы менеджмента качества // Компетентность. 2020. № 3. С. 26-31. EDN: PBNGWY
3. Темасова Г.Н., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Внедрение элементов бережливого производства на промышленных предприятиях // Компетентность. 2023. № 6. С. 41-46. EDN: ЖКККСМ
4. Леонов О.А., Антонова У.Ю., Лазарь В.В. Оценка обработки цилиндров под ремонтный размер // Сельский механизатор. 2022. № 7. С. 38-39. EDN: САКJJX
5. Leonov O.A., Shkaruba N.Z., Vergazova Y.G., Golinitzkiy P.V., Antonova U.Yu. Quality control in the machining of cylinder liners at repair enterprises. *Russian Engineering Research*. 2020;40(9):726-731. <https://doi.org/10.3103/S1068798X20090105>
6. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Темасова Г.Н., Вергазова Ю.Г., Голиницкий П.В. Расчет допуска посадки с зазором для повышения относительной износостойкости соединений // Трение и износ. 2023. Т. 44, № 3. С. 261-269. <https://doi.org/10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269>
7. Темасова Г.Н. Допусковый контроль валов в ремонтном производстве // Сельский механизатор. 2023. № 8. С. 40-41. EDN: PAFUWP
8. Темасова Г.Н. Оценка брака в ремонтном производстве: инновационный подход к контролю деталей типа «вал» // Вестник НГИЭИ. 2024. № 2 (153). С. 48-58. DOI: 10.24412/2227-9407-2024-2-48-58. EDN LZFQHQ
9. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж. Нормирование погрешности косвенных измерений при приемо-сдаточных испытаниях двигателей // Измерительная техника. 2022. № 8. С. 23-27. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27>
10. Леонов О.А., Темасова Г.Н. Методология оценки издержек на контроль при ремонте машин // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 3 (23). С. 37-43. EDN: KXVXNL
11. Бондарева Г.И., Темасова Г.Н., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения // Вестник машиностроения. 2021. № 11. С. 93-96. <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-11-93-96>
12. Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г., Темасова Г.Н., Пупкова Д.А. Оценка и анализ внутренних потерь при производстве продукции на машиностроительных предприятиях // Вестник машиностроения. 2023. № 5. С. 421-426. <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426>
13. 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>
14. Чигрик Н.Н. Способ сборки равного количества деталей одноименных промежуточных и крайних размерных групп // Технология машиностроения. 2023. № 6. С. 37-47. EDN: TKEULB
15. Филипович О.В., Невар Г.В., Валошина Н.А., Филипович В.О. Определение количества комплектов при селективной сборке двух элементов с учетом влияния погрешности измерения // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 3. С. 105-109. EDN: JMKQCS
16. Медведев А.В., Халатов Е.М. Алгоритмы оптимального распределения деталей по комплектам для селективной сборки

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. <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-8-701-704> (In Russ.)
2. Leonov O.A., Temasova G.N., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Quality management system efficiency functioning. Method of calculation. *Competence*. 2020;3:26-31. (In Russ.)
3. Temasova G.N., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Introduction of lean production elements in industrial enterprises. *Competence (Russia)*. 2020;3:26-31. (In Russ.)
4. Leonov O.A., Antonova U.Y.U., Lazar', V.V. Evaluation of cylinder processing for repair size. *Sel'skiy mekhanizator*. 2022;7:38-39. (In Russ.)
5. Leonov O.A., Shkaruba N.Z., Vergazova Y.G., Golinitzkiy P.V., Antonova U.Yu. Quality control in the machining of cylinder liners at repair enterprises. *Russian Engineering Research*. 2020;40(9):726-731. <https://doi.org/10.3103/S1068798X20090105>
6. Leonov O.A., Shkaruba N.Z., Temasova G.N., Vergazova Y.G., Golinitzkiy P.V. Calculation of the clearance fit tolerance for an increase in the relative wear resistance of the joints. *The Friction and Wear*. 2023;44(3):261-269. <https://doi.org/10.32864/0202-4977-2023-44-3-261-269> (In Russ.)
7. Temasova G.N. Tolerance control of shafts in repair production. *Sel'skiy mekhanizator*. 2023;8:40-41. (In Russ.)
8. Temasova G.N. Evaluation of defects in repair production: an innovative approach to the control of «shaft» type parts. *Bulletin NGIEI*. 2024;2(153):48-58. (In Russ.)
9. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh. Regulation of the errors of indirect measurements of acceptance and acceptance tests of engines. *Izmeritel'naya Tekhnika*. 2022;8:23-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-8-23-27>
10. Leonov O.A., Temasova G.N. Evaluation methodology the costs of monitoring in the repair of vehicles. *Innovations in Agricultural Complex: Problems and Perspectives*. 2019;3(23):37-43. (In Russ.)
11. Bondareva G.I., Temasova G.N., Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G. Assessment of external defects at mechanical engineering enterprises. *Vestnik Mashinostroeniya*. 2021;11:93-96. (In Russ.). <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2021-11-93-96>
12. Leonov O.A., Shkaruba N.Zh., Vergazova Yu.G., Temasova G.N., Pupkova D.A. Assessment and analysis of internal losses in the manufacturing of products at machine-building enterprises. *Vestnik Mashinostroeniya*. 2023;5:421-426. (In Russ.) <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2023-102-5-421-426>
13. 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>
14. Chigrik N.N. Method for assembling an equal number of parts of the same intermediate and extreme size groups. *Mechanical engineering technology*. 2023;6:37-47. (In Russ.)
15. Filipovich O.V., Nevar G.V., Voloshina N.A., Filipovich V.O. Determination of the number of sets in the selective assembly of two elements, taking into account the influence of measurement error. *Assembling in mechanical engineering*. 2023;3:105-109. (In Russ.)
16. Medvedev A.V., Khalatov E.M. Algorithms for optimal distribution of parts among kits for selective assembly of products. *Vestnik Mashinostroeniya*. 2022;11:33-40. (In Russ.) <https://doi.org/10.36652/0042-4633-2022-11-33-40>

изделий // Вестник машиностроения. 2022. № 11. С. 33-40.
<https://doi.org/10.36652/0042-4633-2022-11-33-40>

17. Голиницкий П.В., Антонова У.Ю., Гринченко Л.А., Видникевич С.Ю. Применение цифровых инструментов для совершенствования производственного процесса // Компетентность. 2023. № 5. С. 32-37.
<https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-5-32-37>

Информация об авторах

Павел Вячеславович Голиницкий¹, канд. техн. наук, доцент;
gpv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7303-1658>;
Scopus Autor ID: 57216809753;
Researcher ID: AAD-6305-2022

Ульяна Юрьевна Антонова², канд. техн. наук, доцент;
uantonova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>;
Scopus Autor ID: 57216809631;
Researcher ID: AAD-5690-2022

Эльмира Исламовна Черкасова³, канд. с.-х. наук, доцент;
e.cherkasova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2495-2028>;
Scopus Autor ID: 57216812784;
Researcher ID: AAD-5493-2022

^{1,2,3} Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434,
Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Вклад авторов

П.В. Голиницкий – методология, концептуализация;
У.Ю. Антонова – проведение литературного обзора, визуализация, создание черновика рукописи;
Э.И. Черкасова – информационные ресурсы и аналитика, создание окончательной версии рукописи и ее редактирование.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и несут ответственность за плагиат

Статья поступила в редакцию 19.03.2024; поступила после рецензирования и доработки 26.06.2024; принята к публикации 27.06.2024

17. Golinitzkiy P.V., Antonova U.Yu., Grinchenko L.A., Vidnikovich S.Yu. Digital tools to improve the manufacturing process. *Competence*. 2023;5:32-37. (In Russ.)
<https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-5-32-37>

Author Information

Pavel V. Golinitzkiy¹, CSc (Eng), Associate Professor;
gpv@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7303-1658>;
Scopus Author ID: 57216809753;
Researcher ID: AAD-6305-2022

Uliana Yu. Antonova², CSc (Eng), Associate Professor;
uantonova@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0003-0126-3550>;
Scopus Author ID: 57216809631;
Researcher ID: AAD-5690-2022

Elmira I. Cherkasova³, CSc (Ag), Associate Professor;
e.cherkasova@rgau-msha.ru;
<https://orcid.org/0000-0002-2495-2028>;
Scopus Author ID: 57216812784;
Researcher ID: AAD-5493-2022

^{1,2,3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev
Agricultural Academy; 49, Timiryazevskaya Str.,
Moscow, 127434, Russian Federation

Author Contribution

P.V. Golinitzkiy – methodology, conceptualization;
U.Yu. Antonova – literature review, visualization, writing – original draft preparation;
E.I. Cherkasova – information resources and analytics, finalizing (revising and editing) of the manuscript

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article and bear equal responsibility for plagiarism
Received 19.03.2024; Revised 26.06.2024; Accepted 27.06.2024