

9. Eder A.V. Analiz razvitiia otrasi zhivotnovodstva v usloviakh tsifrovoi ekonomiki / A.V. Eder // Biznes. Obrazovanie. Pravo. – 2023. – No. 4 (65). – S. 109-116.
10. Kovalev L.I. Analiz sistem tekhnicheskogo obsluzhivaniia i remonta v zhivotnovodstve / L.I. Kovalev // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2015. – No. 4 (40). – S. 29-37.
11. Instruktsiiia po ekspluatatsii. Mobilnaia doilnaia ustanovka (MMU) Bosio kompanii DeLaval.
12. KRAVTA UDM M. Instruktsiiia po ekspluatatsii.
- ◆ ◆ ◆

УДК 631.171:681.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-248-6-89-96

С.П. Псюкало, Н.Н. Грачева,
Н.Б. Руденко, С.С. Псюкало
S.P. Psyukalo, N.N. Gracheva,
N.B. Rudenko, S.S. Psyukalo

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАЦИОННОГО РЯДА ДАННЫХ ПО ЛИНЕЙНОМУ ИЗНОСУ ДЕТАЛЕЙ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

DEVELOPMENT AND USE OF SPECIALIZED SOFTWARE FOR DETERMINATION OF PARAMETERS OF VARIATION SERIES OF DATA ON LINEAR WEAR OF SPLINE JOINT PARTS

Ключевые слова: износное состояние, шлицевое соединение, компьютерная программа, статистический ряд, алгоритм обработки данных.

Для типовых сопрягаемых элементов машин (гладких цилиндрических сопряжений, шлицевых сопряжений, сопряжений с зубчатыми колесами и пр.), находящихся в эксплуатации, может быть выбран параметр, значение которого характеризует техническое состояние элемента и для контроля которого имеются обоснованный метод и средства измерения. Таким параметром часто является износ деталей (линейный или весовой). Изложены результаты исследования технического состояния деталей типового шлицевого соединения по параметру ширины его канавки и установлены параметры его распределения в статистически значимой выборке. Для упрощения и автоматизации мониторинга технического состояния была разработана программа (на языке Python), позволяющая по массиву входных данных по износу шлицев валиков масляного насоса тракторов типа «Кировец» (К-700А, К-701) по толщине составлять статистический ряд и прогнозировать наиболее вероятное значение указанного параметра. Износ деталей шлицевого соединения происходит ввиду наличия погрешностей изготовления элементов и сборки самого шлицевого сопряжения, погрешностей

профиля по расположению его элементов в пространстве, а также в результате неравномерного воздействия на шлицы динамических знакопеременных нагрузок. Для быстрого и качественного осуществления диагностики деталей, решения задач прогнозирования технического состояния элементов машины, определения оптимальных контрольных наработок, допустимых значений параметра износа, расчета расхода запасных частей и пр. необходимо знать наиболее вероятные значения указанных параметров, при этом наиболее целесообразно использование методов компьютерного моделирования.

Keywords: wear state, spline joint, software application, statistical series, data processing algorithm.

For typical mating elements of machines (smooth cylindrical mating, spline mating, mating with gear wheels, etc.) which are in operation, a parameter may be selected which value characterizes the technical condition of the element, and for its control there are reasonable method and means of measurement. Such parameter is often the wear of parts (linear or weight wear). This paper discusses the results of studying the technical condition of the parts of a typical spline joint regarding the parameter of the width of its groove and set the parameters of its distribu-

tion in a statistically significant sample. To simplify and automate the monitoring of technical condition, a software application (in Python language) was developed which allowed the array of input data on the wear of oil pump shaft splines of tractors of "Kirovets" type (К-700A, К-701) by thickness, make a statistical series and predict the most probable value of the specified parameter. Wear of spline joint parts occurs due to the presence of errors in the manufacture of elements and assembly of the spline joint itself, profile errors in the location of its elements in

space, as well as due to the uneven impact of dynamic alternating loads on the splines. To quickly and qualitatively carry out diagnostics of the parts, solve problems of forecasting of technical condition of machine elements, determine optimum control time and optimum permissible values of wear parameter, calculate consumption of spare parts, etc., it is necessary to know the most probable values of the specified parameters, thus it is most expedient to use methods of computer modeling.

Псюкало Сергей Петрович, к.т.н., доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал, ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская обл., Российская Федерация, e-mail: sergei_psukalo44@mail.ru.

Грачева Наталья Николаевна, к.т.н., доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал, ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская обл., Российская Федерация, e-mail: grann72@mail.ru.

Руденко Нелли Борисовна, к.т.н., доцент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал, ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская обл., Российская Федерация, e-mail: nelli-rud@yandex.ru.

Псюкало Станислав Сергеевич, студент, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал, ФГБОУ ВО Донской ГАУ, г. Зерноград, Ростовская обл., Российская Федерация, e-mail: stooonislav_ps@mail.ru.

Psyukalo Sergey Petrovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Azov-Black Sea Engineering Institute, Branch, Don State Agricultural University, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, e-mail: sergei_psukalo44@mail.ru.

Gracheva Natalya Nikolaevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Azov-Black Sea Engineering Institute, Branch, Don State Agricultural University, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, e-mail: grann72@mail.ru.

Rudenko Nelli Borisovna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Azov-Black Sea Engineering Institute, Branch, Don State Agricultural University, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, e-mail: nelli-rud@yandex.ru.

Psyukalo Stanislav Sergeevich, student, Azov-Black Sea Engineering Institute, Branch, Don State Agricultural University, Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, e-mail: stooonislav_ps@mail.ru.

Введение

Известно, что изменения состояния металлических поверхностей, закономерно возникающие в процессе их контактного взаимодействия, трения, изнашивания, охватывают определенные объемы металла по площади контакта, и распространяются на определенную глубину от поверхностей трения [1]. Развитие поверхностных изменений деталей проходит через определенные стадии, в которых металл поверхностных слоев теряет прочность ниже допускаемых значений, поэтому поверхностные слои деталей неизбежно и закономерно изнашиваются [2]. В процессе трения и изнашивания в поверхностных слоях деталей происходят существенные изменения, которые вызываются значительным повышением температуры, пластическими деформациями, диффузионными и химическими процессами и др.

Научное понимание этих процессов немыслимо без точного определения микрогеометрии, микроструктуры и микросвойств поверхностного слоя обеих контактирующих (сопрягаемых) деталей и шлицевые соединения не являются здесь исключением. Для определения износа и износстойкости деталей, изучения и описания процесса изнашивания необходимо,

прежде всего, точно определить величину износа и установить ведущий вид износа [3].

Вопросами износа шлицевых соединений и их отдельных элементов занимались ученые: Г.Б., Иоселевич З.М. Левина, Д.Н. Решетов, В.Я. Анилович, Г.И. Скундин, Г.И. Костровский и др., а также ведущие научные школы ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова, ФГБУН НАТИ, ВНИПТИМЭСХ и пр. [1-3]. Результаты их исследований, а также многолетние наблюдения специалистов-ремонтников показали, что в шлицевых соединениях валов масляных насосов преобладающим видом изнашивания является износ шлицев деталей этого сопряжения по параметру b -толщине [4-6].

Цель работы – разработка и реализация на языке Python оригинального алгоритма для многократноповторяющейся обработки данных по износу деталей шлицевых соединений, для последующего использования при планировании сервиса и ремонта, а также в составе специализированного ПО.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись сопрягаемые шлицевые детали привода масляного насоса автоматической гидрообъемной коробки

перемены передач (КПП) тракторов типа «Кировец» (К-700А, К-701) – шестерня (дет. 700А.17.01.211) и валик (дет. 700А.17.00.038-3), как типовые и наиболее подверженные изнашиванию в их шлицевой части.

Основными методами исследования являлись микрометраж деталей, вариационный анализ и статистическая обработка.

Микрометраж деталей осуществляли штангенциркулем типа ЩЦЦ-I-150-0,01, марки «GRIFF» (ГОСТ 166-89), после его настройки и калибровки по набору концевых мер КМД№ 1, класс точности Кл-1 (ГОСТ 9038-90). Шлицевые части деталей перед микрометражем очищали, погружая их УЗ-моечную ванну с раствором СМС «Лабомид» на 5-10 мин., протирали и подсушивали ацетоном.

Предварительную статистическую обработку данных, построение и визуализацию вариационного ряда осуществляли средствами ПО Microsoft Office Excel 2003. Для написания и отладки кода на языке Python использовали среду разработки Microsoft Visual Studio, расширение Python Tools, версия Community 3.11.3.

Исследовали износы всех шлицев 8 пар соединяемых деталей с тракторов, эксплуатировавшихся в сезон 2023-2024 гг. и поступивших в ремонт в ЗАО «РТП Зерноградское», всего микрометражу по ширине подвергли 48 шлицев. Также учитывали, чтобы валики имели износы, допускаемые в сопряжении с бывшими в эксплуатации, а также с новыми деталями (см. техн. карты, руководства по ТОиР и дефектовочные карты, поставляемые с трактором «Кировец»).

Результаты и их обсуждение

Из анализа имеющихся в литературе данных [1, 3, 7] величины износов исследованных шлицевых деталей, даже при их нормальной эксплуатации, могут достигать 1,5-2,0 мм и проявляются у обеих сопрягаемых деталей. Ремонтные мастерские хозяйств вынуждены прибегать к замене практически 50% поступающих в ремонт шлицевых шестерен и валиков, так как существующие технологии их восстановления и оборудование несовершенны. Это вызывает увеличенный расход запасных частей, который может превышать норму в несколько раз. Экономически обоснованным выходом из этой ситуации может стать простой в оформлении, своевременный и быстрый контроль этих деталей в течение межремонтного интервала, с диагностированием их технического

состояния и принятием решения о внеочередном ТОиР узла [2, 3].

В последнее время интерес к диагностированию основных состояний, в которых может находиться эксплуатируемый технический объект (трактор, с.-х. машина, перерабатывающее оборудование и др.), многократно возрос. Связано это с выпуском технически сложных моделей машин, используемых в сельском хозяйстве. При этом темпы их использования, а также требования к их надежности постоянно растут, поэтому техника, входящая в состав МТП агропредприятия, должна своевременно проходить диагностику, профилактические ТО, а по мере необходимости и текущие ремонты (TP), в зависимости от закономерностей наступления отказов ее узлов и деталей.

Вследствие того, что детали, входящие в сопряжение конического редуктора механизма привода масляного насоса КПП трактора «Кировец», изнашивают свои поверхности по тем же законам, что и подавляющее большинство деталей других механизмов, в результате действующих в сопряжении нагрузок, объективно наблюдается уменьшение толщины шлица по всей его длине.

Наиболее просто осуществлять контроль износа шлицев по толщине (ширине) на валике, так как демонтаж этой детали не вызывает особых трудностей, выполняется ремонтником базовой квалификации, а наблюдаемые значения величин практически в точности совпадают с аналогичными параметрами сопрягаемой противодетали КПП – шестерни [4, 7].

На рисунке 1 представлены исследованные нами сопрягаемые изношенные поверхности конического редуктора механизма привода масляного насоса КПП трактора «Кировец».

Как видно из рисунка 1, на поверхности шлицев вала хорошо различимы следующие виды дефектов, вызванные их износом при эксплуатации: коррозионные пятна; эрозия и волнистость гребней; сколы на ребрах; забоины, сколы и царапины; следы пластической деформации и отеснения металла и др. Все они, в той или иной степени, вызывают местное изменение толщины шлица, поэтому их появление может быть скоррелировано не только с наработкой, но и с изменением исследованного нами параметра линейного изнашивания (по толщине шлица – b).

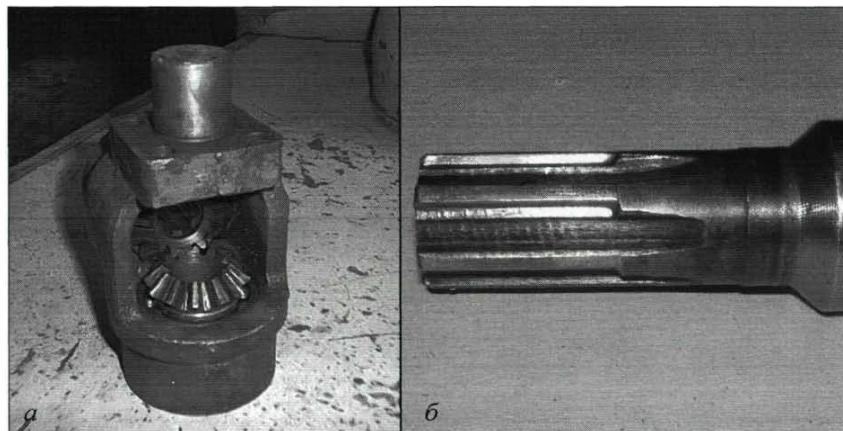


Рис. 1. Конический редуктор механизма привода масляного насоса в сборе 700A.17.01.290 (а) и шлицевая часть его вала привода насоса 700A.17.01.191 (б)

Аналогичные дефекты наблюдаются и на вторых, более доступных для контроля выбранным нами параметра, концах валов (рис. 2), поэтому можно предположить, что при более детальных исследованиях и установлении корреляций между износами по толщине шлицев на различных концах вала для целей диагностики можно будет использовать эти элементы деталей. Проведенный микрометраж выборки 48 шлицев позволяет с достаточной степенью точности судить о состоянии изношенных деталей, которые поступают на ремонтное предприятие, и использовать методы статистической обработки данных по износу.

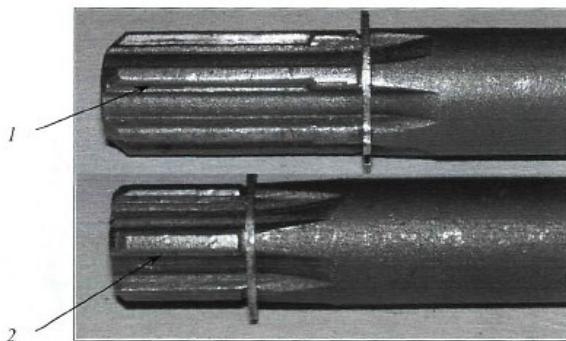


Рис. 2. Вид изношенных поверхностей шлицев с разных сторон валика 700A.17.00.038-3:
1 – шлицевая часть вала, соединяемая с шестерней конического редуктора;
2 – шлицевая часть вала, соединяемая с втулкой привода насоса

После предварительной статистической обработки результатов микрометража было обнаружено, что данные по износу шлицев по толщине подчиняются одному из вероятностных законов: нормального распределения (ЗНР); Вейбулла и пр. [8].

Для более детального изучения процесса износа шлицев валиков был составлен алгоритм, первая часть которого служит для статистической обработки данных по измеренной толщине одного шлица в нескольких местах (не менее 3-5); вторая часть определяет размах данных в экспериментальной выборке и строит интервальный вариационный ряд; третья часть подсчитывает опытные частоты и вероятности появления величин в интервалах ряда; четвертая рассчитывает накопленные вероятности, что позволяет восстанавливать дифференциальную и интегральную функцию распределения для построенного ряда. Блок-схема алгоритма приведена на рисунке 3.

Данный алгоритм позволяет строить статистический ряд с разбиением его на интервалы, определением середины интервалов, опытной частоты m_i , опытной вероятности p_i и накопленной опытной вероятности Σp_i . В дальнейшем это позволит решать такие важные задачи, как прогнозирование технического состояния элементов трактора, определение оптимальной межконтрольной наработки, оптимального допустимого при контроле значения износа, а в ряде случаев и оптимального предельного значения износа, прогнозирование расхода запасных частей и т.д. [9].

По приведенному выше алгоритму была разработана программа на языке программирования Python и сгенерирован соответствующий программный код (как отдельная функция/утилита).

Для проверки работоспособности разработанной программы использовались результаты измерений износов шлицев валиков (табл.).

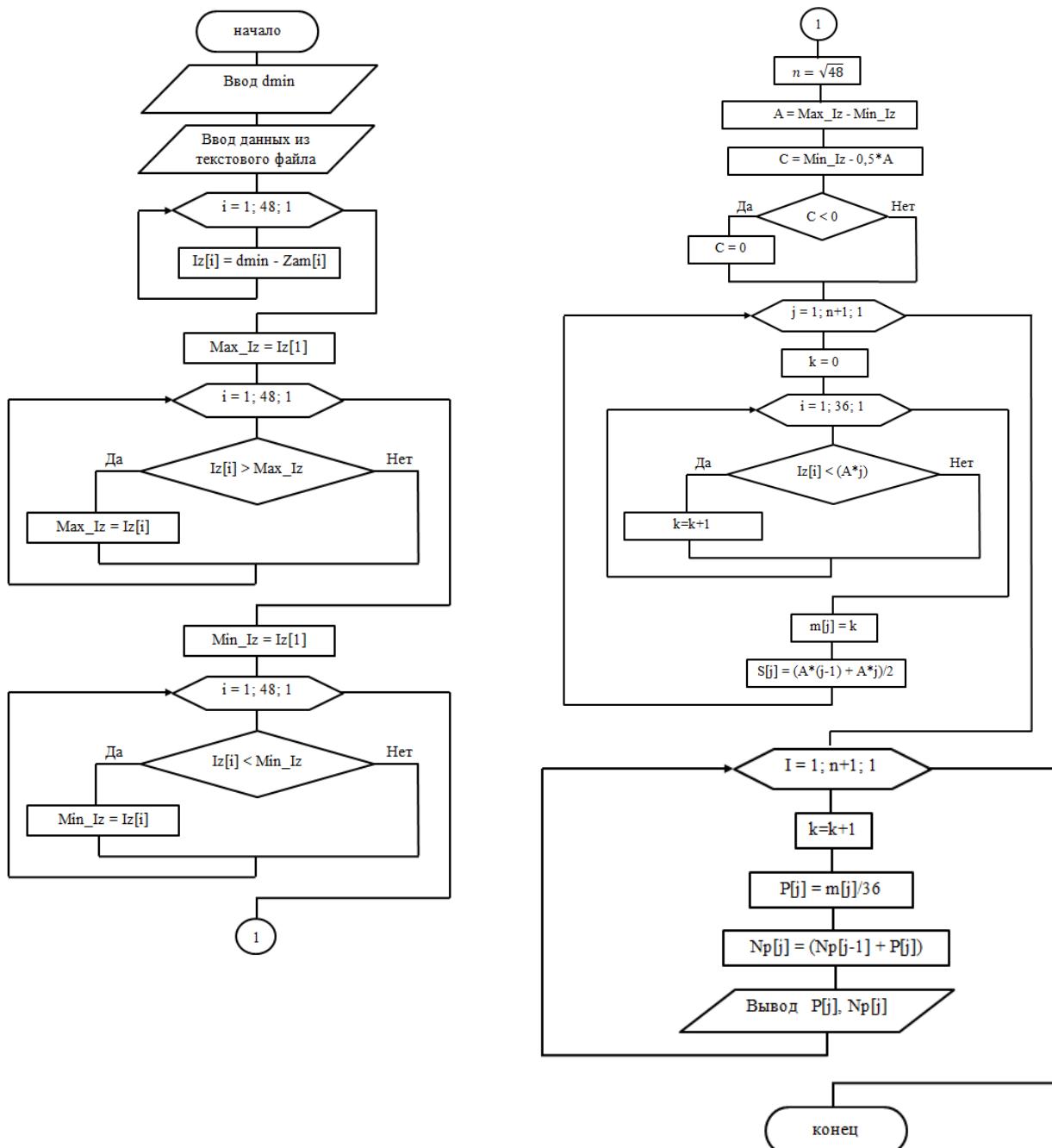


Рис. 3. Блок-схема алгоритма статистической обработки данных по износу шлищев и построению вариационного ряда

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, наблюдаемые величины линейных износов шлищев валиков по толщине (с учетом нормированных допусков на размеры новых и/или эксплуатировавшихся деталей) располагаются в границах от 0,325 до 1,433, т.е. могут различаться в 4,4 раза. Тем не менее после статистической обработки и построения интервального вариационного ряда оказалось, что 66% наблюдаемых экспериментальных величин износа располагаются в середине этого ряда, т.е. распределение этого параметра в

исследованной выборке оказалось близким к ЗНР [9].

Программа выдает на экран ПЭВМ нормированный вариационный ряд (от 0 до 1), который позволяет получить первичное представление о вероятностном законе распределения данных. Внешний вид интерфейса программы с информационным сообщением о параметрах полученного вариационного ряда данных приведен на рисунке 4.

Таким образом, полученный вариационный ряд позволит, в дальнейшем, построить гистограмму частот, аккумулятивную кривую и вы-

яснить закон распределения данных, на основе которого можно будет восстановить наиболее

вероятные значения износа шлицев вала КПП.

Таблица

Результаты измерений (фрагмент) толщины и износов шлицев валика (дет. 700A.17.00.038-3)

Валик	Шлиц № п/п	Ср. толщина шлица, мм	Величина износа, мм
1	1	3,08	0,442
	2	3,07	0,458
	3	3,00	0,525
	4	3,03	0,500
	5	3,03	0,492
	6	3,03	0,500
2	1	3,11	0,417
	2	3,12	0,408
	3	3,13	0,392
	4	3,18	0,350
	5	3,20	0,325
	6	3,17	0,358
. . .			
8	1	2,09	1,433
	2	2,13	1,400
	3	2,13	1,400
	4	2,14	1,383
	5	2,13	1,400
	6	2,13	1,392

Таблица 1 - Статистический ряд

Интервалы	Середина интервала, s_i	Опытная частота, m_i	Опытная вероятность, P_i	Накопленная опытная вероятность, N_p
1 0-0,15	0.075	2	0.04	0.04
2 0,15-0,30	0.225	3	0.06	0.1
3 0,30-0,45	0.375	4	0.08	0.18
4 0,45-0,60	0.525	14	0.28	0.46
5 0,60-0,75	0.675	19	0.38	0.84
6 0,75-0,90	0.825	6	0.12	0.96
7 0,90-1,05	0.975	2	0.04	1

Рис. 4. Информационное сообщение программы

Выходы

1. Для определения при контроле с установленной периодичностью оптимального допустимого значения параметра элементов трактора, когда известно предельное значение этого параметра, необходимо выполнять статистическую обработку износовых данных.

2. Разработанный алгоритм и на его основе компьютерная программа позволяют много-кратно выполнять обработку данных по износам шлицев валиков масляного насоса тракторов «Кировец» при выполнении первого этапа статистической обработки – составлении статистического ряда.

3. Изложены результаты исследования технического состояния деталей типового шлицевого соединения по параметру ширины его канавки, и установлены параметры его распределения в статистически значимой выборке. Для упрощения и автоматизации мониторинга технического состояния была разработана программа (на языке Python), позволяющая по массиву входных данных по износу шлицев валиков масляного насоса тракторов типа «Кировец» (К-700А, К-701) по толщине составлять статистический ряд и прогнозировать наиболее вероятное значение указанного параметра.

Библиографический список

1. Белый, В. И. Оценка качества обкатки шлицевых соединений и зубчатых передач при применении антифрикционной добавки по вибрационным параметрам: 05.20.03: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Белый Виктор Иванович. – Зерноград, 2009. – 206 с. – Текст: непосредственный.
2. Серегин, А. А. Повышение надежности отдельных узлов, передач и агрегатов машин сельскохозяйственного назначения: монография / А. А. Серегин, С. П. Псюкало, В. А. Луханин. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», 2022. – 211 с. – ISBN 978-5-91833-207-8. – Текст: непосредственный.
3. Псюкало, С. П. Методы и средства повышения надежности и эффективности работы отдельных узлов, передач и агрегатов машин сельскохозяйственного назначения: монография / С. П. Псюкало, В. А. Луханин. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», 2024. – 171 с. – ISBN 978-5-91833-224-5. – Текст: непосредственный.
4. Редька, А. А. Проектирование ремонтных мастерских ТО и ТР сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК / А. А. Редька. – Текст: непосредственный // Молодые ученые в аграрной науке: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. – Луганск, 2024. – С. 27-29.
5. Царенко, Ю. Ю. Организация рабочих мест на ремонтных предприятиях АПК на примере разборочно-моечного участка по ремонту двигателей / Ю. Ю. Царенко // Молодые ученые в аграрной науке: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. – Луганск, 2024. – С. 33-35.
6. Lukhanin V.A., Khizhnyak V.I., Psiukalo S.P., et al. (2024). Constant angle line of distributing seeds and fertilisers by a horizontal centrifugal machine. *BIO Web of Conferences* 103, 00058 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20241030058>.
7. Надежность технических систем: учебное пособие / С. П. Псюкало, В. А. Луханин, А. Г. Арженовский, С. Л. Никитченко. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 230 с. – Текст: непосредственный.
8. Аналитические и численные методы в инженерном анализе. Курс лекций: учебное пособие / Д. В. Степовой. М. Н. Середина, Н. М. Удинцова [и др.]. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2024. – 205 с.
9. Грачева, Н. Н. Специализированное программное обеспечение для научных исследований: практикум / Н. Н. Грачева, Н. Б. Руденко, В. Н. Литвинов; Министерство сельского хозяйства РФ; Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет». – Зерноград, 2018. – 257 с. – EDN XPFWNN. – Текст: непосредственный.

References

1. Belyi V.I. Otsenka kachestva obkatki shlitsevykh soedinenii i Zubchatykh peredach pri primenenii antifriksionnoi dobavki po vibratsionnym parametram: dissertatsiia na soiskanie uch. stepeni kand. tekhn. nauk. – Zernograd, 2009. – 206 s.
2. Seregin A.A., Psiukalo S.P., Lukhanin V.A. Povyshenie nadezhnosti otdelnykh uzlov, peredach i agregatov mashin selskokhoziaistvennogo naznacheniiia: monografiia. – Zernograd: Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut FGBOU VO Donskoi GAU, 2022. – 211 s.
3. Psiukalo S.P., Lukhanin V.A. Metody i sredstva povysheniia nadezhnosti i effektivnosti raboty otdelnykh uzlov, peredach i agregatov mashin selskokhoziaistvennogo naznacheniiia: monografiia. – Zernograd: Azovo-Chernomorskii

inzhenernyi institut FGBOU VO Donskoi GAU, 2024. – 171 s.

4. Redka A.A. Proektirovanie remontnykh masterskikh TO i TR selskokhoziaistvennoi tekhniki na predpriatiakh APK // Molodye uchenye v agrarnoi nauke. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Lugansk, 2024. – S. 27-29.

5. Tsarenko Iu.Iu. Organizatsiia rabochikh mest na remontnykh predpriatiakh APK na primeire razborochno-moechnogo uchastka po remontu dvigatelei // Molodye uchenye v agrarnoi nauke. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Lugansk, 2024. – S. 33-35.

6. Lukhanin V.A., Khizhnyak V.I., Psiukalo S.P., et al. (2024). Constant angle line of distributing seeds and fertilisers by a horizontal centrifugal machine. *BIO Web of Conferences* 103, 00058 2024. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410300058>.

7. Psiukalo S.P. Nadezhnost tekhnicheskikh sistem: uchebnoe posobie / S.P. Psiukalo, V.A. Lukhanin, A.G. Arzhenovskii, S.L. Nikitchenko – Zernograd: Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut FGBOU VO Donskoi GAU, 2024. – 230 s.

8. Analiticheskie i chislennye metody v inzheinernom analize. Kurs lektsii / Stepovoi D.V., Seredina M.N., Udintsova N.M., Seregina V.V., Zhidchenko T.V. [Elektronnyi resurs]: uchebnoe posobie. – Elektron. dan. – Zernograd: Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut FGBOU VO Donskoi GAU, 2024 – 205 s.

9. Gracheva, N.N. Spetsializirovannoe programmnoe obespechenie dlja nauchnykh issledovanii: Elektronnyi resurs. Praktikum / N.N. Gracheva, N.B. Rudenko, V.N. Litvinov; Ministerstvo selskogo khozaiystva RF; Azovo-Chernomorskii inzhenernyi institut – filial FGBOU VO Donskoi GAU v g. Zernograde; 2018. – 257 s.

