

ТРИБОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦИФРОВКА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК МЕХАНИЗМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Н. С. Севрюгина, А. С. Апатенко

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

Аннотация: Дана характеристика изменения технического состояния по параметрам трибометрических нагрузок. Предложена методика трибометрического контроля работоспособности машин с внедрением цифровых систем учета состояния, применяемых при управлении ресурсным потенциалом машин на всем сроке службы.

Ключевые слова: технологические машины; техническое состояние; трибометрия; оцифровка; ресурс.

TRIBOMETRIC DIGITALIZATION OF TECHNICAL SYSTEMS AS A MECHANISM OF ENSURING THE RESOURCE POTENTIAL OF TECHNOLOGICAL MACHINES OF NATURAL DEVELOPMENT

N. S. Sevryugina, A. S. Apatenko

*Russian Timiryazev State Agrarian University
(Moscow, Russian Federation)*

Abstract: The characteristic of changes in the technical condition of the parameters of tribometric loads is given. A method of tribometric monitoring of machine performance with the introduction of digital state accounting systems is proposed, which is used to manage the resource potential of machines over the entire service life.

Keywords: technological machines; technical condition; tribometry; digitization; resource.

Эксплуатация технологических машин, функциональное назначение которых предусматривает выполнение работ приро-

дообустройства имеют определенную специфику, факторы воздействия которых снижают их работоспособность. Структурно, машины представляются набором технических систем, динамика которых обеспечивается через трибосоединения. Задача решения вопросов управления ресурсным потенциалом состоит в повышении качества элементов трения, снижению нагрузок путем применения соответствующих материалов, таких как масла или покрытия полиматериалами, вязкостные характеристики которых компенсируют нагрузки [1-5].

Цель исследований: разработка механизма управления ресурсным потенциалом технологических машин природообустройства путем учета трибометрического фактора средствами оцифровки элементной базы технических систем.

Методика трибометрирования. Надежность технических систем машины в местах трения сопрягаемых элементов исследуется с позиций основных положений трибологии, закладывая метрологические характеристики по условиям нормального функционирования. Современные датчики тензометрирования, расположенные в реперных точках сопряжения обеспечивают сбор информационно-аналитических данных по показателю трибологии (от греч. *tribos* – трение и *metreo* – измеряю) [6]. Базовые положения трибологии дают математическое описание сопряжения по критерию метрологической согласованности:

$$u_{np} = a + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i u_i, \quad (1)$$

где u_i – нормированная геометрическая характеристика сопряжения, как реперный информационный параметр базы данных технического состояния; α_i – коэффициент регрессии, оценивается персонифицированно и включает факторы влияния внешней среды и нагрузочные характеристики; $n-1$ – число согласованных реперных точек, обеспечивающих ресурсный потенциал соединения.

Расчетное значение ресурсного потенциала формируется по значению периода интенсивности изменения параметра $\xi(t)$ до уровня достижения его предельного значения $\xi(t_{пр})$:

$$t_{\text{ост}} = t \left[\left(\frac{\xi(t_{\text{пр}})}{\xi(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right], \quad (2)$$

где α – показатель степени, определяющий характер изменения параметра.

Установка тензометрических датчиков и применение программного аппарата сбора информации обеспечивает оцифровку технических систем на уровне элементарного сопряжения деталей, алгоритм представлен на рисунке 1 [7].

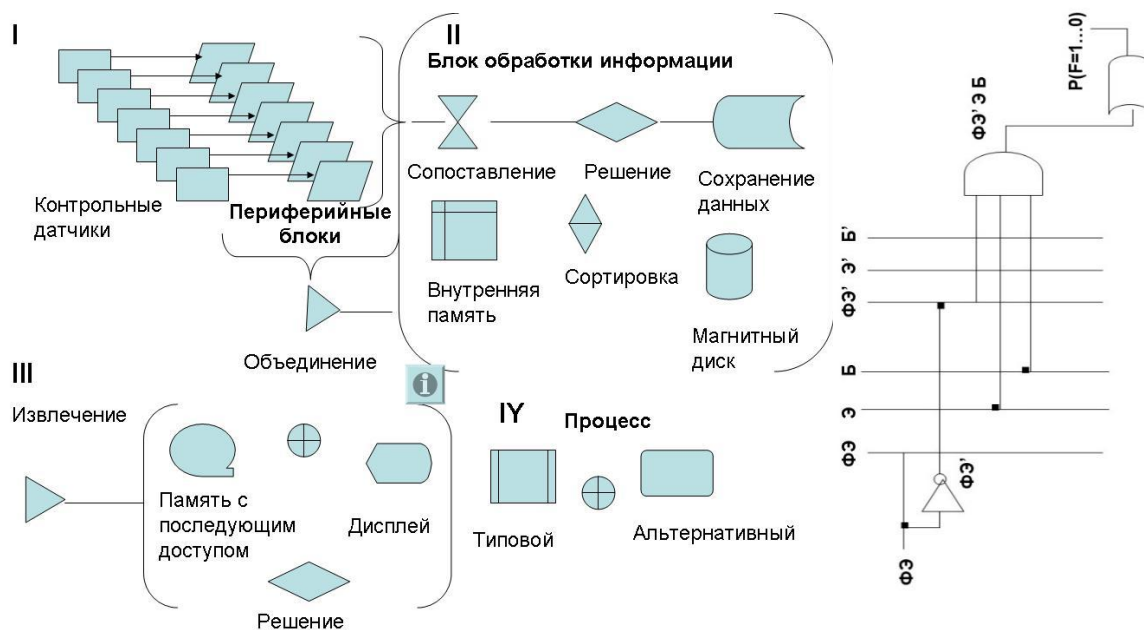


Рисунок 1 – Алгоритм оцифровки технической системы при контроле потенциала ресурса технологической машины

Имитационная модель представлена на примере изменения динамики осей крепления квик-каплера при нагрузках, вызываемых рабочим оборудованием, в частности установки ковшов различного объема.

Тензометрирование проведено на примере исследования напряженно-деформированного состояния рабочего органа технологической машины, в рассматриваемом случае ковша экскаватора с использованием быстросъемного (квик-каплера).

Таблица 1 – Динамика нагружений квик-каплера

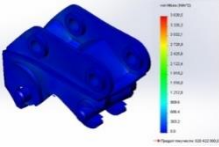
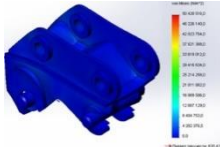
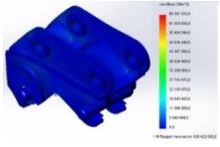
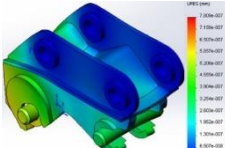
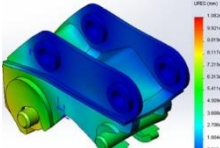
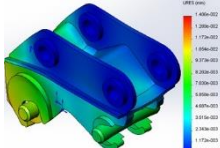
Объем ковша, м ³	0,65	0,77	1
Нагрузка, т	1,17	1,386	1,8
Карта напряжений. Максимальное значение напряжения, МН/м ²	 3,64	 50,4	 66,5
Карта перемещений. Максимальное значение перемещения, нм	 0,78	 1,08	 1,4



Рисунок 2 – Пример исследований ресурсного потенциала элементов рабочего органа технологической машины путем тензометрирования измерительной системой ZetLab

Результаты исследований позволили создать универсальный аппарат управления ресурсным потенциалом технических систем технологической машины на всем сроке службы при выполнении операций природообустройства в условиях повышенной влажности и запыленности внешней среды [8].

Выводы:

- Дана характеристика изменения технического состояния по параметрам трибометрических нагрузок с учетом факторов, проявляющихся при выполнении мелиоративных работ;
- Предложена методика трибометрического контроля работоспособности машин с внедрением цифровых систем учета состояния;
- Представлен алгоритм оцифровки технических систем машин, обеспечивающий управление ресурсным потенциалом на всем сроке их службы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе О. Н., Девянин С. Н., Парлюк Е. П. Трактор сельскохозяйственный: вчера, сегодня, завтра // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 1. С. 74-85.
2. Системы телеметрии и мониторинга сельскохозяйственной техники. Аналитический обзор : монография / И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров, В. Я. Гольдяпин, А. С. Апатенко, Н. С. Севрюгина // М. : Российский НИИ информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК (Правдинский), 2020. 76 с.
3. Апатенко А. С. Методы эффективного использования машинно-тракторных агрегатов в мелиорации // Труды ГОСНИТИ. 2013. Т. 113. С. 156-160.
4. Система автоматизированного контроля управления техническим состоянием машин и оборудования / И. Н. Кравченко, В. М. Корнеев, Ю. В. Катаев, Т. А. Чеха // Сельский механизатор. 2016. № 9. С. 22-23.
5. Корнеев В. М., Катаев Ю. В. Система обеспечения работоспособности техники в агропромышленном комплексе // В сб.: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской НМК с международным участием, посвященной 100-летию академика Д. К. Беляева. 2017. С. 86-91.
6. Мороз В. П. Современная трибология и основные причины изнашивания деталей машин // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 4. С. 35-36.
7. Севрюгина Н. С., Апатенко А. С. Цифровые системы и точность управления работоспособностью технологических машин в природообустройстве // Техника и оборудование для села. 2019. № 7 (265). С. 35-38.
8. Севрюгина Н. С., Капырин П. Д. Эффективность выбора средств механизации строительных и специальных строительных работ // Механизация строительства. 2017. Т. 78. № 11. С. 59-64.

REFERENCES

1. Didmanidze O. N., Devyanin S. N., Parlyuk E. P. Traktor sel'skoxozyajstvennyj: vchera, segodnya, zavtra [Agricultural tractor: yesterday, today, tomorrow]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*, 2020, vol. 21, no. 1, pp. 74-85.
2. Golubev I. G., Mishurov N. P., Gol'tyapin V. Ya., Apatenko A. S., Sevryugina N. S. Sistemy telemekhaniki i monitoringa sel'skoxozyajstvennoj texniki. Analiticheskij obzor [Telemetry and monitoring systems for agricultural machinery]. Moscow, Rossijskij NII informacii i tekhniko-ekonomicheskix issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu APK, 2020, 76 p.
3. Apatenko A. S. Metody effektivnogo ispol'zovaniya mashinno-traktornyx agregatov v melioracii [Methods for the effective use of machine-tractor units in land reclamation]. *Trudy GOSNITI*, 2013, vol. 113, pp. 156-160.
4. Kravchenko I. N., Korneev V. M., Kataev Yu. V., Chexa T. A. Sistema avtomatizirovannogo kontrolya upravleniya tekhnicheskim sostoyaniem mashin i oborudovaniya [Automated control system for controlling the technical condition of machines and equipment]. *Sel'skij mexanizator*, 2016, no. 9, pp. 22-23.
5. Korneev V. M., Kataev Yu. V. Sistema obespecheniya rabotosposobnosti texniki v agropromyshlennom komplekse [System for ensuring the efficiency of equipment in the agro-industrial complex]. *Agrarnaya nauka v usloviyax modernizacii i innovacionnogo razvitiya APK Rossii*, 2017, pp. 86-91.
6. Moroz V. P. Sovremennaya tribologiya i osnovnyye prichiny iznashivaniya detalej mashin [Modern tribology and the main reasons for the wear of machine parts]. *Traktory i sel'xozmashiny*, 2012, no. 4, pp. 35-36.
7. Sevryugina N. S., Apatenko A. S. Cifrovyye sistemy i tochnost' upravleniya rabotosposobnost'yu tekhnologicheskix mashin v prirodoobustrojstve [Digital systems and accuracy of control over the performance of technological machines in the environment]. *Texnika i oborudovanie dlya sela*, 2019, no. 7 (265), pp. 35-38.
8. Sevryugina N. S., Kapurin P. D. Effektivnost' vybora sredstv mexanizacii stroitel'nyx i special'nyx stroitel'nyx rabot [The effectiveness of the choice of means of mechanization of construction and special construction work]. *Mexanizaciya stroitel'stva*, 2017, vol. 78, no. 11, pp. 59-64.

Об авторах:

Севрюгина Надежда Савельевна, доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, sevryuginans@rgau-msha.ru.

Апатенко Алексей Сергеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), доктор технических наук, доцент, a.apatenko@rgau-msha.ru.

About the authors:

Nadezhda S. Sevryugina, associate professor, Department of Technical Operation of Technological Tires and Environmental Equipment, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, sevryuginans@rgau-msha.ru.

Alexey S. Apatenko, Head of the Department of Technical Operation of Technological Machines and Environmental Equipment, Russian Timiryazev State Agrarian University (127550, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), D.Sc. (Engineering), associate professor, a.apatenko@rgau-msha.ru.