

УДК 621.313.13

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

© 2020 А.Л. Золкин¹, В.С. Тормозов², Д.В. Гридина³

¹ Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара,

² Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

³ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 11.08.2020

В данной статье представлены результаты исследования по организации прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов тяговых электродвигателей (ТЭД). Предлагаемая система будет востребована на стадии выполнения ремонтных работ в локомотивных депо. К внедрению предлагается специальная программно-информационная система, позволяющая максимально оперативно и с высокой степенью достоверности производить расчеты параметров износа коллекторов и прогнозировать значение диаметра ТЭД в зависимости от их пробега.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель, локомотив, износ, коллектор, контроль, измерение, программно-информационная система, технологический процесс.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-92-97

ВВЕДЕНИЕ

Современное направление разработки способов контроля и диагностирования сложных агрегатов заключается в создании комплексных универсальных программно-информационных систем управления технологическим процессом контроля. Применение прикладных программно-информационных систем управления технологическим процессом способствует сокращению сроков ремонта и более эффективному использованию технологического оборудования при высокой точности и объективности результатов. Это, в свою очередь, достигается применением точных преобразователей измеряемых параметров, что исключает ошибки в процессе снятия показаний с приборов и при обработке данных. При помощи программно-информационных систем управления технологическим процессом контроля измерений можно представлять (в удобной форме) и хранить результаты измерений, статистического анализа, обобщать данные об агрегатах.

По результатам анализа отечественного и зарубежного опыта по автоматизации контроля и техническому диагностированию тяговых

электродвигателей (ТЭД) локомотивов в целом и отдельных их узлов и элементов, следует отметить, что на локомотивостроительных и локомотиворемонтных заводах, в различных локомотивных депо, в научных организациях и в нашей стране, и за рубежом рассматриваемые в статье вопросы находятся в центре внимания.

Анализ научно-технической литературы по вопросу износа элементов КЩУ ТЭД выявил отсутствие должного внимания изучению процесса износа коллекторов и вопросу износостойкости коллекторных пластин [1,2]. Таким образом, актуальным в настоящее время является обоснование методов прогнозирования надежности и долговечности коллекторов в зависимости от пробега ТЭД.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторы выявили недостатки существующих методов контроля параметров износа коллекторов ТЭД в процессе ремонта в целях получения сведений об их надежности в эксплуатации. К недостаткам традиционных средств контроля износа коллекторов ТЭД можно отнести следующие: использование наглядных методов в процессе регистрации показаний измерительных приборов, приводящей к неточности данных, а в ряде случаев и к утере информации; применение субъективных методов в процессе проведения отдельных испытаний и проверке коммутации, ручных методов при обработке и документировании результатов испытаний; отсутствие автоматизированного архива для накопления и анализа статистических данных.

Золкин Александр Леонидович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника». E-mail: alzolkin@list.ru

Тормозов Владимир Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». E-mail: 007465@rpu.edu.ru

Гридина Дарья Владимировна, аналитик. E-mail: gridinad@yandex.ru

Целью исследования является совершенствование прогнозирования износа коллекторов ТЭД локомотивов в зависимости от их пробега средствами информационных технологий.

Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- исследовать современное состояние проблемы износа элементов коллекторно-щеточного узла ТЭД локомотивов;
- разработать способ контроля износа пластин коллектора в зависимости от пробега ТЭД;
- разработать структуру программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов в условиях ремонтного производства.

Принимая во внимание обозначенную выше проблему, весьма актуально в настоящее время внедрение современных информационных технологий в процесс ремонта и испытаний ТЭД локомотивов. Необходимо создание электронной базы данных и расчет ресурса коллектора ТЭД в целях увеличения сроков безопасной эксплуатации. В процессе осуществления ремонта ТЭД в локомотивных депо предлагается внедрить прикладную программно-информационную систему управления технологическим процессом контроля измерений, способствующую повышению качества ремонта данного узла локомотива.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С учетом специфики работы и особенностей организации технологического процесса на предприятиях железнодорожного транспорта авторами разработана структурная схема программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений коллекторов ТЭД, которая представляет собой комплекс вычислительно-программных и аппаратных устройств [3]. Эта система содержит подробные данные по каждому ТЭД, приписанному к депо, начиная с момента поступления в локомотивное депо и до момента отправки на капитальный ремонт. Кроме этого, система отражает сведения о локомотивах, эксплуатировавших конкретный ТЭД, его пробег, степень эксплуатационного износа коллектора.

К общим характерным недостаткам применяемых способов оценки износа коллекторов ТЭД относятся следующие:

- 1) применение наглядных способов фиксации данных измерительных приборов, что негативно отражается на точности измерений, в том числе нередко приводит к утере данных;
- 2) применение морально устаревших способов обработки и фиксации полученных результатов;

3) отсутствие автоматизированного накопительного архива для анализа данных измерений.

4) существенные временные затраты при проведении измерений;

5) неприемлемые условия труда для выполняющего замеры работника, сопровождающиеся монотонностью действий и вредными факторами, а именно - повышенный уровень температуры, шума и вибрации.

Внедрение новой системы позволяет объединить данные измерений и существенный объем технической документации ТЭД [4]. Кроме того, программно-информационная система с максимальной точностью определяет ресурс ТЭД по характеристикам износостойкости коллектора [5].

Известность получила Система контроля технологической дисциплины процесса управления движением поездов (СКТД) [6]. Ближайшим к авторской разработке технического решения прикладной программно-информационной системы управления является аппаратно-программный комплекс диагностики и система контроля качества ремонта и технического обслуживания [7].

Структура предлагаемой системы представляет собой ряд функциональных подсистем, а именно: измерение данных износа объекта измерений; фиксации промежуточных и окончательных результатов измерений; анализ и сравнение параметров износа с оптимальными значениями; документальная фиксация результатов измерений.

Структурная схема прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов приведена на рис. 1.

Приведем алгоритм действия программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов. По итогу визуального осмотра и установки измерительных датчиков на ТЭД (1), измерения износа коллектора производятся датчиками (2). Затем сигналы датчиков при помощи преобразователей (3) переводятся в необходимый вид (аналоговые сигналы преобразуются в цифровые, цифровые сигналы нормализуются) и поступают в автоматизированный комплекс измерений износа коллекторов ТЭД (4). После обработки информация направляется в блок программного управления и обработки данных (5), в том числе включающий и данные по браковочным параметрам коллекторов ТЭД.

В блок программного управления и обработки данных (5) из базы данных отдела главного технолога локомотивного депо (11) поступают дополнительные данные по ТЭД (9), включаю-

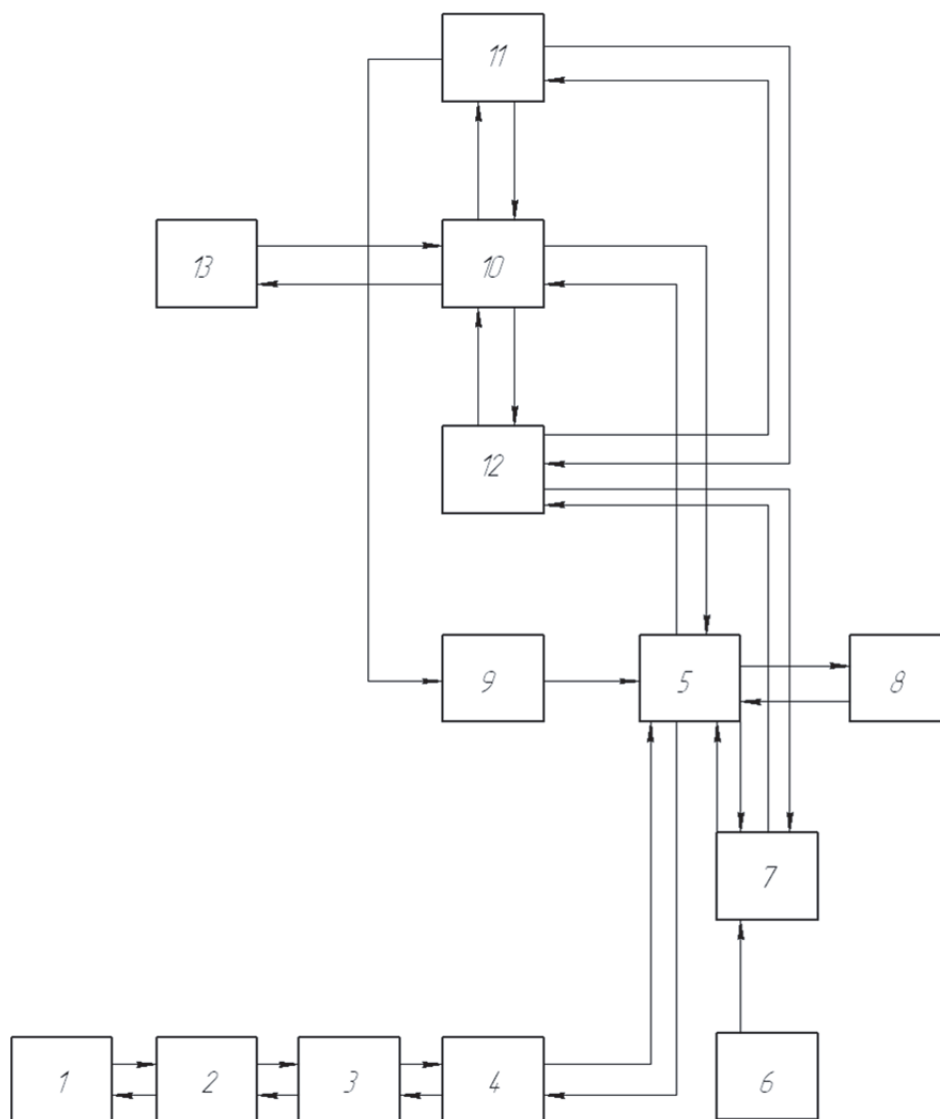


Рис. 1. Структурная схема прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов: 1 – ТЭД; 2 – датчики; 3 – преобразователи; 4 – автоматизированный комплекс измерений износа коллекторов ТЭД; 5 – блок программного управления и обработки данных; 6 – блок поступления дополнительных данных по измерениям; 7 – АРМ мастера электромашинного цеха локомотивного депо; 8 – блок накопления данных по измерениям износа коллекторов ТЭД; 9 – блок поступления дополнительных данных по ТЭД; 10 – единая база данных локомотивного депо; 11 – база данных отдела главного технолога локомотивного депо; 12 – АРМ руководителя локомотивного депо по ремонту; 13 – база данных технического отдела службы локомотивного хозяйства железной дороги

щие паспортные данные ТЭД и , информацию о пробега ТЭД при эксплуатации.

В результате обработки данные измерений поступают в блок накопления данных по измерениям износа коллекторов ТЭД (8). В блок накопления данных по измерениям износа коллекторов ТЭД (8) помещаются данные по параметрам коллекторов ТЭД, измеренным до ремонта и параметрам отремонтированных коллекторов ТЭД, занесенным мастером электромашинного цеха с АРМ, а также вычисленный системой остаточный ресурс коллекторов ТЭД.

Если при выходе параметров коллектора из допустимых границ в автоматическом режи-

ме системой обнаружен брак, то производится определение вида брака.

Предлагаемая программно-информационная система обеспечивает передачу оперативной информации из электромашинного цеха в единую базу данных локомотивного депо (10) в режиме реального времени.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для непосредственного измерения параметров износа коллектора ТЭД авторами предложен следующий способ. По результатам ви-

зуального осмотра работником и установки измерительных датчиков на ТЭД, измерения износа коллектора производятся специальными датчиками. Предлагаемый способ контроля износа пластин коллектора ТЭД локомотива позволяет автоматизировать процесс измерений за счет использования датчиков, которые контролируют всю поверхность коллектора.

Разработанный алгоритм контроля износа пластин ТЭД локомотива состоит из следующих основных операций (рис. 2).

После разборки ТЭД в процессе ремонта его якорь 1 устанавливается на специальный стенд, имеющий возможность вращаться вокруг собственной оси. Над коллектором устанавливают кронштейн 8 с набором датчиков измерения расстояния 2.

В зависимости от типа ТЭД локомотива, а конкретно от длины коллектора и пробега ТЭД, выбирается количество датчиков 2. Кронштейн 8, на котором укреплены датчики 2, устанавливается подвижно. Датчики 2 своими выходами подсоединены к анализатору 5, соединенному выходом со входом блока управления 6, выходом соединенным с дисплеем компьютера 7. Все датчики 2 пронумерованы.

По мере готовности оборудования к замерам ручным способом начинают поворачивать якорь 1. После каждого оборота якоря 1 по анализатору 5 данные замеров расстояний до поверхности коллектора подлежат фиксации.

Если над каждым поясом поверхности коллектора 4 размещено достаточное количество датчиков 2, то данные замеров отражают фак-

тическую картину износа поверхности пластин коллектора. Если же установлено недостаточное количество датчиков над поверхностью поясов, то датчики перемещают по кронштейну 8 в пределах поверхности коллектора 4 и вновь выполняют оборот якоря 1. Точность сведений о состоянии поверхности напрямую зависит от количества точек замера в рамках одного пояса.

По мере окончания замеров сведения из анализатора 5 направляют в блок управления 6. В нем проводится сравнительная обработка информации при помощи специальных программ для получения точного результата о состоянии поверхности пластин коллектора в виде таблиц, либо в виде графиков.

Программно-информационная система обеспечивает: подготовку результатов измерений износа для выполнения расчетов; контроль исходных данных и их корректировку в процессе осуществления измерений износа; контроль функционирования системы; автоматическое исполнение операций по командам с клавиатуры; обработку результатов измерений по соответствующим алгоритмам; корректировку результатов расчетов; накопление результатов измерений износа и расчетов в электронных базах данных или в ином виде; возможность последующей обработки полученных данных; визуализацию результатов измерений износа и расчетов (вывод данных на экран монитора и печать на принтере) [10,11]. Ввод данных ручным способом осуществляется в таблице «Измерения» на вкладке «Исходные данные». Она представлена на рис. 3.

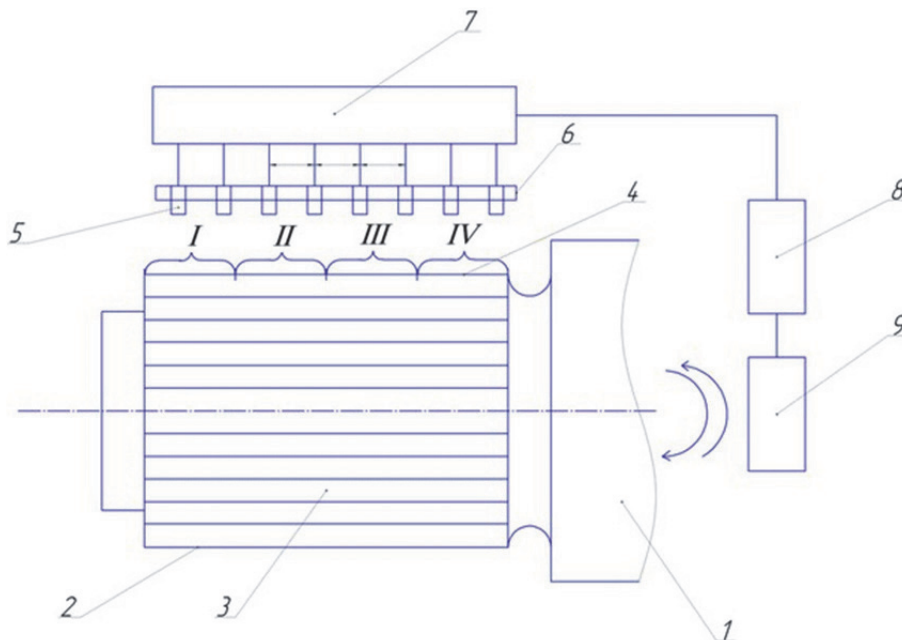


Рис. 2. Способ контроля износа пластин коллектора ТЭД локомотива:
1 – якорь ТЭД; 2 – датчик измерения расстояния; 3 – коллекторные пластины;
4 – поверхность коллектора; 5 – анализатор; 6 – блок управления; 7 – дисплей компьютера;
8 – кронштейн для крепления датчиков, подвижный вдоль оси вращения коллектора

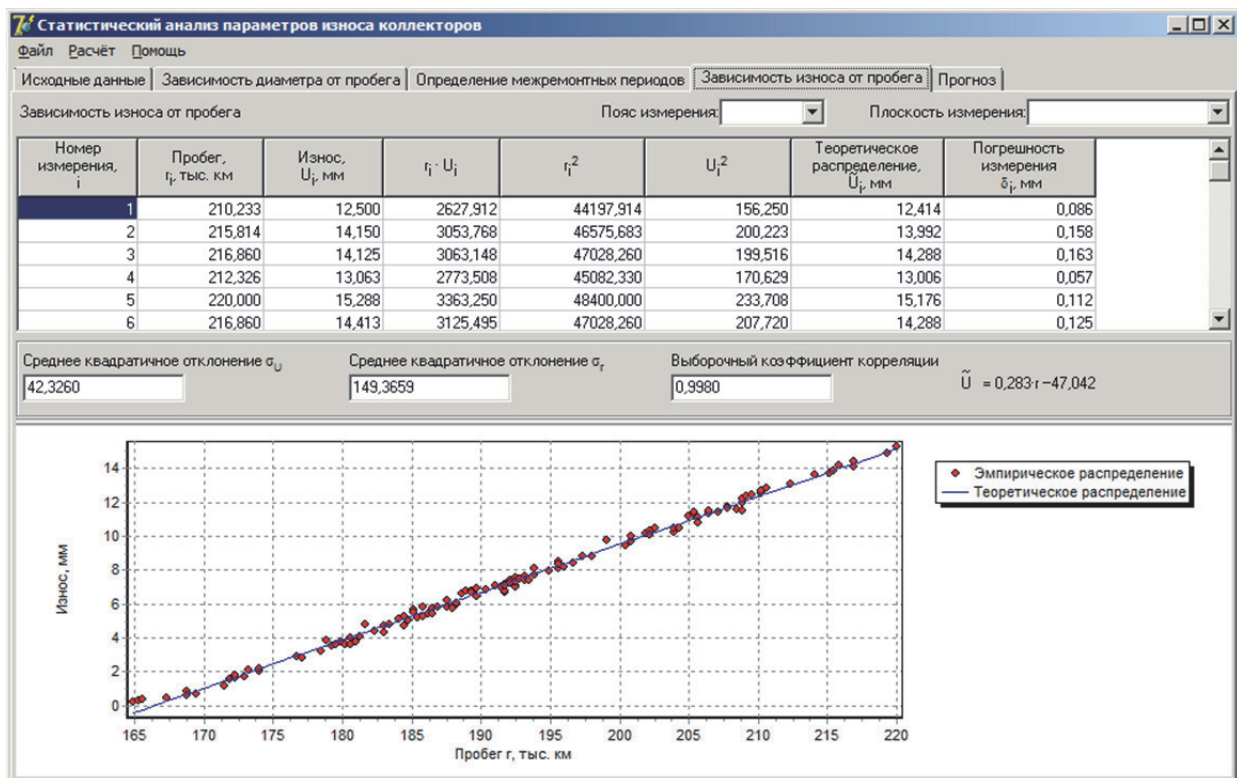


Рис. 3. Вкладка «Зависимость износа от пробега» с результатами расчёта, расчёт произведён по усреднённым величинам

Управление ходом измерений может осуществляться как автоматически (в соответствии с заданной программой измерений), так и по директивам [12], например, мастера электромашиностроения.

Если предусмотрено автоматическое регулирование, то система сама обслуживает режимы. При этом присутствие мастера цеха у АРМ необязательно, технология измерений износа будет выдержана согласно заданного алгоритма измерений износа. В этом случае мастер цеха может корректировать процесс измерений, снять ТЭД с ремонта, повторить какие-либо измерения и т.д.

После осуществления расчета исходных данных на вкладке «Прогноз» система вычисляет предполагаемый диаметр коллектора и прогнозируемую степень износа в зависимости от пробега ТЭД.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате представленного в статье исследования разработана структурная схема прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов в условиях ремонтного производства. Система выполняет функцию сбора, обработки и передачи данных о техническом состоянии коллекторов. Программно-ин-

формационной системы система способствует увеличению срока эксплуатации ТЭД за счет повышения качества измерений износа и своевременности ремонта коллекторов. Для обработки результатов измерений износа коллекторов предложен расчет статистических параметров износа коллекторов ТЭД в интегрированной среде разработки Delphi. Описано назначение и возможности разработанной программно-информационной системы, системные и программные требования, порядок загрузки исходных данных. Подробно описан порядок работы с информационной системой, приведен перечень рассчитываемых статистических параметров износа коллекторов и возможности сохранения исходных данных и результатов расчёта в книгу Microsoft Excel.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золкин А.Л. О механической обработке коллекторов тяговых электродвигателей локомотивов/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров // Современные проблемы машиностроения: Труды III Междунар. научн.-технич. конф. – Томск: ТПУ, 2006. – С. 224-226.
2. Золкин А.Л. Повышение надежности коллекторно-щеточного узла тягового электродвигателя локомотива / А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров // Развитие транспорта в регионах России: Проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Киров: Филиал МГИУ, 2007. – С. 132-133.
3. Исмаилов Ш.К., Селиванов Е.И., Золкин А.Л. Крите-

- рии эффективности диагностических признаков тяговых электрических машин и их сравнительная оценка // Наука и образование транспорту: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию транспортного образования в Оренбургской области (Оренбургского техникума железнодорожного транспорта), 20-21 октября 2011 года. – Самара-Оренбург: СамГУПС, 2011. – С. 6-8.
4. Патент на изобретение № 2 307 041, МПК В61L 25/00, В61L 27/00. Система контроля технологической дисциплины процесса управления движением поездов (СКТД) / Зайцев А.В., Захаров Р.Г., Лакин И.К., Невоструев Н.В., Прибылов С.М., Шабалин Н.Г., Шаров В.А., Шмаков А.В.. - № 2307041 от 2005.12.23 опубл. 2007.09.27. Патентообладатель: Государственное унитарное предприятие Российской научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи Министерства путей сообщения Российской Федерации (ВНИИАС МПС России).
 5. Заявка № 2007103326 от 2007.01.26 опубл. 2008.08.10. Способ ремонта и технического обслуживания и применяемые в способе аппаратно-программный комплекс для диагностики и система для контроля качества ремонта и технического обслуживания / Молчанов В.В., Камнев М.И., Бочаров А.Г.
 6. Лялин В.Е., Файзуллин Р.В. Интеллектуальная информационная технология для оценки трудозатрат на производство изделий в машиностроении // Вестник ВЭГУ: Научный журнал. №2 (34). Экономика. – Уфа: Восточный университет, 2008. – С. 54-73.
 7. Lavrov E., Barchenko N., Pasko N. and Tolbatov A. Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems // Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies-2017 (AICT-2017), 2017. – P. 88-91. doi:10.1109/AICT.2017.8020072.
 8. Rickard Persson. Tilting trains technology, benefits and motion sickness». By Rickard Persson //Royal Institute of Technology (KTH) Aeronautical and Vehicle Engineering Rail Vehicles. – Stockholm, 2008.
 9. Файзуллин Р.В., Херинг Ш. Модель сбора данных на основе кластеризации устройств интернета вещей // Интеллектуальные системы в производстве, 2019. № 4. – С. 156-162.
 10. Тормозов В.С. Проблемы и перспективы применения и развития ИИ // Ученые заметки ТОГУ. 2018. Т. 9. №3. – С. 1465-1469.
 11. Magomedov I.A. and Sebaeva Z.S. Comparative study of finite element analysis software packages // IOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technologies City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russian, 2020. – P. 32073.
 12. Мерганов А.М. Актуальные проблемы путевого хозяйства // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2013. № 3 (81). – С. 198-199.

INTELLIGENT SOFTWARE AND INFORMATIONAL SYSTEM FOR DIAGNOSIS AND FORECASTING OF THE TRACTION ELECTRIC MOTORS TECHNICAL STATE

© 2020 A.L. Zolkin¹, V.S. Tormozov², D.V. Gridina³

¹ Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara

² Pacific National University, Khabarovsk

³ Moscow Automobile and road construction State Technical University

This article is dedicated to the study of an integrated approach to the applied software and information system for the management of the technological process of measurement of traction electric motor collectors wearing. Also the article presents the results of studies on the organization of the applied software and information system for the management of the technological process of measurement of traction electric motor collectors wearing at the stage of repair using modern software. Special software that allows to perform quick and truthful calculation of the wearing parameters of traction electric motor collectors depending on their run distance is proposed for implementation. After the entering of initial values, the statistical dependence of the collector diameter and its wearing on the run distance of the motive-power unit as well as theoretical distribution are calculated. The comparability of the theoretical and empirical distributions and sample regression coefficients that reflect the degree of connection between the theoretical and empirical distributions are estimated. The software provides the ability to calculate the predicted diameter and wearing of the traction engine motor collector depending on the run distance. Initial data and calculation results are saved to the MS Excel book.

Keywords: traction electric motor, motive-power unit, wearing, collector, control, measurement, software and information system, technological process.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-4-92-97

Alexander Zolkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics and Computer Engineering. E-mail: alzolkin@list.ru

Vladimir Tormozov, Senior Lecturer of the Department «Software for Computing Machinery and Automated Systems».

E-mail: 007465@pnu.edu.ru

Darya Gridina, Analyst. E-mail: gridinad@yandex.ru