

# Автоматизация. Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

## Главный редактор

Шахнов В.А. — д.т.н., проф., член-корр. РАН,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Афанасьев В.Н.** — д.т.н., проф., МИЭМ НИУ ВШЭ  
**Басараб М.А.** — д.ф.-м.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Большаков А.А.** — д.т.н., проф., СПбГТИ (ТУ)  
**Булдакова Т.И.** — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Ван Мэйлин** — д.т.н., проф., Пекинский  
политехн. ун-т (КНР)  
**Зинченко Л.А.** — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Зубов Н.Е.** — д.т.н., проф., РКК «Энергия»  
**Кларк Р.** — д.т.н., проф., КИУ (г. Ворвик,  
Великобритания)  
**Криони Н.К.** — д.т.н., проф., УГАТУ (г. Уфа)  
**Кузнецов А.Е.** — д.т.н., проф., РГРТУ (г. Рязань)  
**Мальцева С.В.** — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ  
**Микаева С.А.** — д.т.н., проф., МИРЭА — РТУ  
**Неусыпин К.А.** — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Нефёдов Е.И.** — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН  
**Никифоров В.М.** — д.т.н., проф., ФГУП «НПЦАП  
им. Н.А. Пилюгина»  
**Пролетарский А.В.** — д.т.н., проф., МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Проталинский О.М.** — д.т.н., проф., НИУ МЭИ  
**Путилов В.Н.** — ООО «Изд-во "Инновационное  
машиностроение"» (заместитель  
главного редактора)  
**Румянцева О.Н.** — генеральный директор ООО «Изд-во  
"Инновационное машиностроение"»  
**Ся Юаньцин** — д.т.н., проф., Пекинский  
политехн. ун-т (КНР)  
**Фу Ли** — д.т.н., проф., Ин-т Бейхан (КНР)  
**Фёдоров И.Б.** — д.т.н., проф., академик РАН,  
президент МГТУ им. Н.Э. Баумана  
**Хэ Юн** — д.т.н., проф., Нанкинский ун-т  
науки и технологии (КНР)  
**Чистякова Т.Б.** — д.т.н., проф., СПбГТИ (ТУ)  
**Шибанов Г.П.** — д.т.н., проф., Гос. лётно-испытат.  
центр им. В.П. Чкалова

Редакторы — **Мымрина И.Н., Селихова Е.А.**  
Компьютерная вёрстка — **Конова Е.В.**

## Адрес редакции:

107076, Москва, Колодезный пер., д. 2а, стр. 2.  
Тел.: 8 (499) 268-41-77.  
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;  
http://www.mashin.ru

## Учредитель:

ООО «НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
"ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ"»

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре 29 мая 2014 г.  
(ПИ № ФС77-58102), входит в перечень утверждённых ВАК  
при Минобрнауки России изданий для публикации трудов  
соискателей учёных степеней, а также в систему Россий-  
ского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Издаётся с 1947 г.

Том 75

1  
2021

## СОДЕРЖАНИЕ

### АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Григорьев С.Н., Леонов А.А., Долгов В.А.** Имитационное  
моделирование производственных процессов с приме-  
нением логик планового и ситуационного резервирования ра-  
бочих мест ..... 3
- Золкин А.Л., Василенко К.А., Тормозов В.С., Скибин Ю.В.**  
Использование прикладной программно-информационной  
системы в среде разработки Delphi для диагностирования  
состояния тяговых электродвигателей ..... 11
- Амелькина С.А., Дупленкова К.А., Микаева С.А.** Разра-  
ботка энергоэффективных проектов освещения с использо-  
ванием автоматизированного проектирования ..... 16
- Лобусов Е.С., Юнесс С.** Исследование функционирования  
сетевой полуактивной системы демпфирования колёсной  
машины ..... 21
- Чирков Е.В., Скрыпников А.В., Боровлев А.О., Проко-  
пец В.С., Высоцкая И.А.** Экспериментальное исследова-  
ние методов автоматизированного проектирования трассы  
лесовозной автомобильной дороги ..... 29

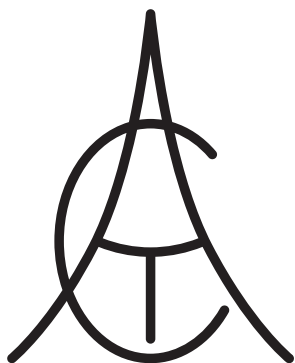
### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Пименова М.Б., Парфентьев К.В.** Обнаружение движу-  
щихся объектов в кадре по методу вычисления оптического  
потока Лукаса — Канаде ..... 34
- Пириева Н.М.** Возвращение альтернативной энергии от го-  
родского транспортного средства ..... 39

### СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Хоанг К.К., Авксентева Е.Ю., Федосов Ю.В., Нгуен В.Т.**  
Адаптивное обучение автоматизированному проектирова-  
нию печатных плат судовых интегрированных систем управ-  
ления ..... 44

© Издательство «Инновационное машиностроение»,  
«Автоматизация. Современные технологии», 2021



# Automation. Modern Technologies

MONTHLY INTERBRANCH SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

## Chief in Editor

**Shakhnov V.A.** – dr.en.s., prof., corr. member of RAS,  
MSTU behalf of N.E. Bauman

## EDITORIAL COUNCIL:

- Afanasyev V.N.** – dr.en.s., prof., MIEM NRU HSE  
**Basarab M.A.** – dr.ph.-m.s., prof., MSTU behalf  
of N.E. Bauman  
**Bolshakov A.A.** – dr.en.s., prof., SPbSIT (TU)  
**Buldakova T.I.** – dr.en.s., prof., MSTU behalf  
of N.E. Bauman  
**Wang Meiling** – Ph.D., prof., Beijing Ins. of Technology,  
P.R. China  
**Zinchenko L.A.** – dr.en.s., prof., MSTU behalf  
of N.E. Bauman  
**Zubov N.E.** – dr.en.s., prof., RSC «Energy»  
**Clark R.** – Ph.D., prof., EMB of Warwick Un., UK  
**Krioni N.K.** – dr.en.s., prof., USATU, Ufa  
**Kuznetsov A.E.** – dr.en.s., prof., RSREU, Ryazan  
**Maltseva S.V.** – dr.en.s., prof., NRU HSE  
**Mikaeva S.A.** – dr.en.s., prof., MIREA—RTU  
**Neusypin K.A.** – dr.en.s., prof., MSTU behalf  
of N.E. Bauman  
**Nefedov E.I.** – dr.ph.-m.s., IRE RAS  
**Nikiforov V.M.** – dr.en.s., prof., FSUE «NPCAP  
behalf of N.A. Pilyugin»  
**Proletarskiy A.V.** – dr.en.s., prof., MSTU behalf  
of N.E. Bauman  
**Protalinsky O.M.** – dr.en.s., prof., NRU MPEI  
**Putilov V.N.** – LLC «"Innovative Mashinostroenie"  
Publishers» (deputy chief editor)  
**Rumyantseva O.N.** – General Director of LLC «"Innovative  
Mashinostroenie" Publishers»  
**Xia Yuantsin** – Ph.D., prof., Beijing Ins. of Technology,  
P.R. China  
**Fu Li** – Ph.D., prof., Beikhan Un., P.R. China  
**Fedorov I.B.** – dr.en.s., prof., academician RAS, President  
of MSTU behalf of N.E. Bauman  
**He Yung** – Ph.D., prof., Nanjing Un. of Science  
and Technology, P.R. China  
**Chistyakova T.B.** – dr.en.s., prof., SPbSIT (TU)  
**Shibanov G.P.** – dr.en.s., prof., State Flight Test Center  
behalf of V.P. Chkalov

Editors — **Mymrina I.N., Selikhova E.A.**  
Computer layout — **Konova E.V.**

## Editorial address:

107076, Moscow, Kolodezny lane – 2a, build. 2  
Tel.: +7 (499) 268-41-77.  
E-mail: ast@mashin.ru; astmashin@yandex.ru;  
http://www.mashin.ru

## Founder:

LLC «"INNOVATIVE MASHINOSTROENIE" PUBLISHERS»

The journal was registered in the Roskomnadzor on May 29, 2014  
(PI No. FS77-58102), it is included in the list of publications  
approved by the Higher Attestation Commission (VAK) of the  
Russian Ministry of education and science for publication of the  
works of applicants for academic degrees and the system of the  
Russian index scientific citation (RINC)

It is published since 1947

Volume 75  $\frac{1}{2021}$

## CONTENTS

### AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION PROCESSES

- Grigorev S.N., Leonov A.A., Dolgov V.A.** Imitation modeling of  
production processes by using the planned and situational logic of  
the workplaces reservation . . . . . 3
- Zolkin A.L., Vasilenko K.A., Tormozov V.S., Skibin Yu.V.**  
Application of the applied software and information system in the  
Delphi development environment for diagnosing the state of trac-  
tion motors . . . . . 11
- Amelkina S.A., Duplenkova K.A., Mikaeva S.A.** Development of  
energy efficient lighting projects using computer-aided design . . 16
- Lobusov E.S., Yunes S.** The functioning investigation of the net-  
work semi-active damping system for wheeled vehicle . . . . . 21
- Chirkov E.V., Skrypnikov A.V., Borovlev A.O., Prokopets V.S.,  
Vysotskaya I.A.** Experimental study of methods for automated  
design of the route of a timber-carrying road . . . . . 29

### MODERN TECHNOLOGIES

- Pimenova M.B., Parfentev K.V.** Detection of moving objects  
in the frame by calculation method of the Lucas — Kanade optical  
flow . . . . . 34
- Pirieva N.M.** Returning alternative energy from a city vehicle . . 39

### SYSTEMS AND CONTROL DEVICES

- Khoang K.K., Avksenteva E.Yu., Fedosov Yu.V., Nguen V.T.**  
Adaptive training in computer-aided designing of printed circuit  
boards of ship integrated control systems . . . . . 44

© «Innovative Mashinostroenie» Publishers,  
«Automation. Modern technologies», 2021

УДК 621.313.13

**А.Л. Золкин**, канд. техн. наук, доц.,  
(Поволжский государственный университет информатики и телекоммуникаций, г. Самара),

**К.А. Василенко**

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса),

**В.С. Тормозов**

(Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск),

**Ю.В. Скибин**, канд. экон. наук

(Самарский государственный университет путей сообщения)

alzolkin@list.ru; k2857@mail.ru; 007465@pnu.edu.ru; skibin\_y@mail.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИКЛАДНОЙ ПРОГРАММНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ DELPHI ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

*Представлены результаты исследования по организации прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов тяговых электродвигателей (ТЭД). Предлагаемая система может быть востребована при выполнении ремонтных работ в локомотивных депо. Предлагается внедрить специальную программно-информационную систему, позволяющую максимально оперативно и с высокой степенью достоверности производить расчёты параметров износа коллекторов и прогнозировать значение диаметра коллектора ТЭД в зависимости от их пробега.*

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

*The research results of the applied software and information system organization for monitoring the control technological process of wear parameters measurements of traction electric motor collectors (EMC) are presented. The proposed system may be in demand when performing repair work in locomotive depots. It is proposed to introduce a special software and information system that allows calculating the collector wear parameters as quickly as possible and with a high degree of reliability and predicting the value of the EMC collector diameter depending on their mileage.*

**Keywords:** traction motor; locomotive; wear; collector; control; measurement; software and information system; technological process.

**Введение.** Современное направление разработки способов контроля и диагностирования сложных агрегатов базируется на 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 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 изме-

рений, 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 их отдельных узлов и элементов следует отметить, что на локомотивостроительных и локомотиворемонтных заводах, в различных локомотивных депо, в соответствующих 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 коллекторно-щёточного узла (КЩУ) ТЭД выявил отсутствие должного внимания к изучению процесса износа коллекторов и вопросу износостойкости коллекторных пластин [1, 2]. Таким образом, в настоящее время является актуальным обо-

снование методов прогнозирования надёжности 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 надёжности в эксплуатации. К недостаткам традиционных средств контроля износа коллекторов ТЭД можно отнести использование наглядных методов в процессе регистрации показаний измерительных приборов, приводящее к неточности данных, а в ряде случаев и к утере информации; применение субъективных методов в процессе проведения отдельных испытаний и проверки коммутации, ручных методов при обработке и документировании результатов испытаний; отсутствие автоматизированного архива для накопления и анализа статистических данных.

Целью исследования является совершенствование прогнозирования износа коллекторов ТЭД локомотивов в зависимости от их пробега средствами информационных технологий. Для её достижения были поставлены и решены следующие задачи:

исследовать современное состояние проблемы износа элементов КЩУ 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.

Обозначенная выше проблема обуславливает актуальность в настоящее время внедрения современных информационных технологий в процессы ремонта и испытаний ТЭД локомотивов. Необходимы создание электронной базы данных и расчёт ресурса коллектора ТЭД в целях увеличения сроков их безопасной эксплуатации. В процессе ремонта ТЭД в локомотивных депо предлагается использовать прикладную программно-информационную систему управления технологическим процессом контроля измерений, способствующую повышению качества ремонта данного узла локомотива.

**Материал и методы исследования.** С учётом 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 того, система отражает сведения о локомотивах, эксплуатировавших конкретный ТЭД, его пробег, степень эксплуатационного износа коллектора.

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

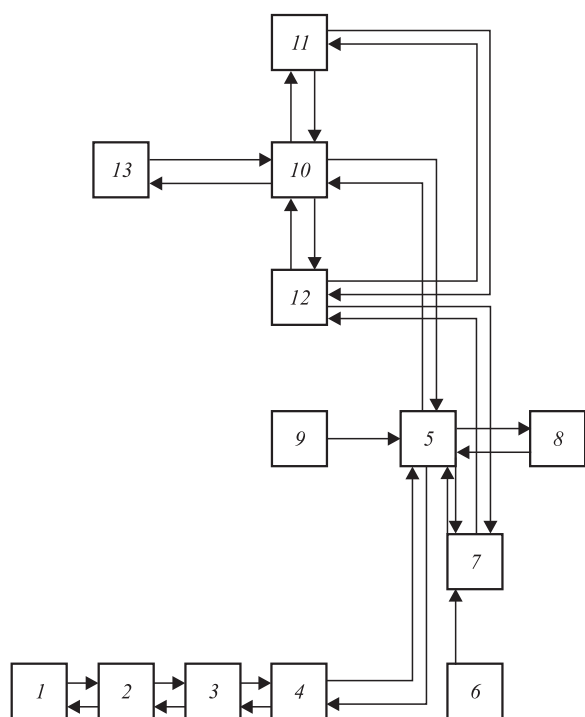
- 1) применение наглядных способов фиксации данных измерительных приборов, что негативно отражается на точности измерений, в том числе нередко приводит к утере данных;
- 2) применение морально устаревших способов обработки и фиксации полученных результатов;
- 3) отсутствие автоматизированного накопительного архива для анализа данных измерений;
- 4) существенные временные затраты при проведении измерений;
- 5) неприемлемые условия труда для выполняющего замеры работника: монотонность действий, воздействие вредных факторов — повышенного уровня температуры, шума и вибрации.

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

Получила известность система контроля технологической дисциплины процесса управления движением поездов (СКТД) [6]. Ближайшим к разработанному авторами техническому решению прикладной программно-информационной системы управления является аппаратно-программный комплекс диагностики и контроля качества ремонта и технического обслуживания [7].

Структура предлагаемой системы представляет собой ряд функциональных подсистем, а именно: измерения данных износа объекта измерений; фиксации промежуточных и окончательных результатов измерений; анализа и сравнения параметров износа с оптимальными значениями; документальной фиксации результатов измерений.

Структурная схема прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля изме-



**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 — автоматизированное рабочее место (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

рений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов приведена на рис. 1.

Рассмотрим алгоритм действия программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов. После визуального осмотра и установки измерительных датчиков на ТЭД 1 датчиками 2 производятся измерения износа коллектора. 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 содержащий данные по браковочным параметрам коллекторов ТЭД.

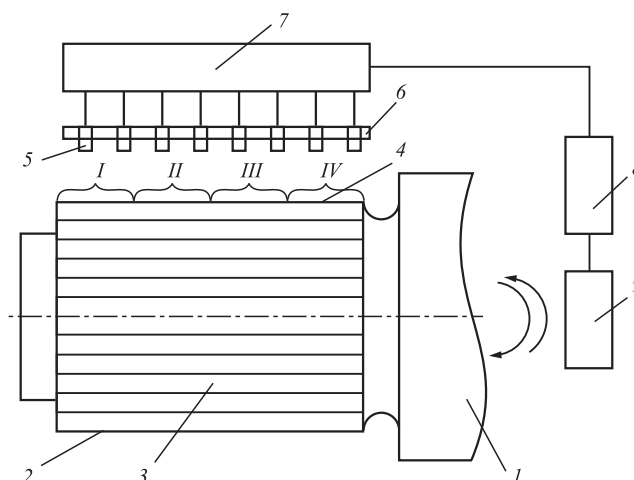
В блок программного управления и обработки данных 5 из базы данных отдела главного технолога локомотивного депо 11 поступают дополнительные данные по ТЭД (9), включающие паспортные данные ТЭД и информацию о пробеге ТЭД при эксплуатации.

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

Если при выходе параметров коллектора за допустимые границы в автоматическом режиме системой обнаружен брак, то определяется вид брака.

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

**Результаты исследования и их анализ.** Для непосредственного измерения параметров износа коллектора ТЭД авторами предложен следующий способ. После визуального осмотра работником и установки измерительных датчиков на ТЭД производятся измерения износа коллектора специальными датчиками.



**Рис. 2. Схема контроля износа пластин коллектора ТЭД локомотива:**

1 — якорь ТЭД; 2 — коллектор; 3 — коллекторные пластины; 4 — поверхность коллектора; 5 — датчик измерения расстояния; 6 — кронштейн для крепления датчиков, подвижный вдоль оси вращения коллектора; 7 — блок управления; 8 — анализатор; 9 — дисплей компьютера

Предлагаемый способ контроля износа пластин коллектора ТЭД локомотива позволяет автоматизировать процесс измерений за счёт использования датчиков, которые контролируют всю поверхность коллектора.

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

После разборки ТЭД в процессе ремонта его якорь 1 устанавливается на специальный стенд, имеющий возможность вращаться вокруг собственной оси. Над коллектором устанавливаются кронштейн 6 с набором датчиков измерения расстояния 5.

В зависимости от типа ТЭД локомотива, а конкретно от длины коллектора и пробега ТЭД, выбирается число датчиков 5. Кронштейн 6, на котором укреплены датчики 5, устанавливается подвижно. Датчики 5 своими выходами подсоединены к блоку управления 7, соединённому выходом со входом анализатора 8, выходом соединённого с дисплеем компьютера 9. Все датчики 5 пронумерованы.

По мере готовности оборудования к замерам ручным способом начинают поворачивать якорь 1. После каждого оборота якоря 1 по блоку управления 7 данные замеров расстояний до поверхности коллектора подлежат фиксации.

Если над каждым поясом (I...IV) поверхности коллектора 4 размещено достаточное число датчиков 5, то данные замеров отражают фактическую картину износа поверхности пластин коллектора. Если же установлено недостаточное число датчиков над поверхностями поясов, то датчики перемещают по кронштейну 6 в пределах поверхности коллектора 4 и вновь производят оборот якоря 1. Точность сведений о состоянии поверхности напрямую зависит от числа точек замера в рамках одного пояса.

По окончании замеров сведения из блока управления 7 направляют в анализатор 8. В нём проводится сравнительная обработка информации при помощи специальных программ для получения точного результата о состоянии поверхности пластин коллектора в виде таблиц либо графиков.

Программно-информационная система обеспечивает подготовку результатов измерений износа для выполнения расчётов; контроль исходных данных и их корректировку в процессе измерений износа; контроль функционирования системы; автоматическое исполнение операций по командам с клавиатуры; обработку результатов измерений по соответствующим алгоритмам; корректировку результатов расчётов; накопление результатов измерений износа и расчётов в электронных

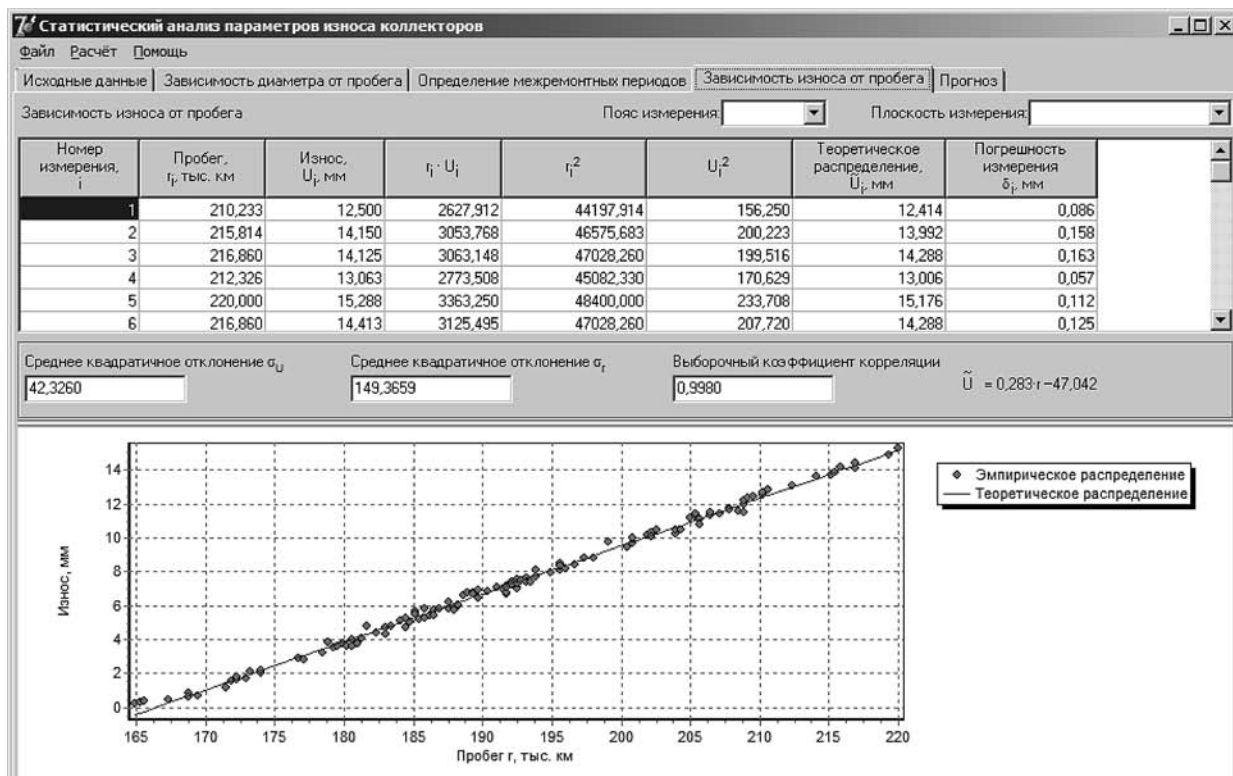


Рис. 3. Вкладка «Зависимость износа от пробега» с результатами расчёта, расчёт выполнен по усреднённым величинам

базах данных или в ином виде; возможность последующей обработки полученных данных; визуализацию результатов измерений износа и расчётов (вывод данных на экран монитора и печать на принтере) [8—11]. Ввод данных ручным способом осуществляется в таблице «Измерения» на вкладке «Исходные данные». Она представлена на рис. 3.

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

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

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

**Заключение.** Разработана структурная схема прикладной программно-информационной системы управления технологическим процессом контроля измерений параметров износа коллекторов ТЭД локомотивов в условиях ремонтного производства. Система выполняет функции сбора, обработки и передачи данных о техническом состоянии коллекторов. Применение программно-информационной системы способствует увеличению срока эксплуатации ТЭД за счёт повышения качества измерений износа коллекторов и своевременности их ремонта. Для обработки результатов измерений износа коллекторов предложен расчёт параметров износа коллекторов ТЭД в интегрированной среде разработки Delphi. Исходные данные и результаты расчёта могут быть сохранены в книгу Microsoft Excel.

#### *Библиографические ссылки*

1. **Золкин А.Л., Просвиров Ю.Е.** О механической обработке коллекторов тяговых электродвигателей локомотивов / Современные проблемы машиностроения: Труды III Междунар. науч.-техн. конф. Томск, ТПУ, 2006. С. 224—226.

2. **Золкин А.Л., Просвиров Ю.Е.** Повышение надежности коллекторно-щеточного узла тягового электродвигателя локомотива / Развитие транспорта

в регионах России: Проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. Киров, Филиал МГИУ, 2007. С. 132—133.

3. **Исмаилов Ш.К., Селиванов Е.И., Золкин А.Л.** Критерии эффективности диагностических признаков тяговых электрических машин и их сравнительная оценка / Наука и образование транспорту: Материалы IV Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 90-летию транспортного образования в Оренбургской области (Оренбургского техникума железнодорожного транспорта), 20—21 октября 2011 г. Самара—Оренбург, СамГУПС, 2011. С. 6—8.

4. **Зайцев А.В., Захаров Р.Г., Лакин И.К., Невоструев Н.В., Прибылов С.М., Шабалин Н.Г., Шаров В.А., Шмаков А.В.** Система контроля технологической дисциплины процесса управления движением поездов (СКТД) // Патент России № 2307041. 2007. Бюл. № 27.

5. **Молчанов В.В., Камнев М.И., Бочаров А.Г.** Способ ремонта и технического обслуживания и применяемые в способе аппаратно-программный комплекс для диагностики и система для контроля качества ремонта и технического обслуживания // Патент России № 2007103326. 2008. Бюл. № 22.

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., Tolbatov A.** Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems // Proceedings of 2<sup>nd</sup> Intern. conf. on Advanced Information and Communication Technologies—2017 (AICT-2017), 2017. P. 88—91. DOI:10.1109/AICT.2017.8020072.

8. **Persson R.** Tilting trains technology, benefits and motion sickness. 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., Sebaeva Z.S.** Comparative study of finite element analysis software packages // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies. Krasnoyarsk Science and Technologies City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk. 2020. P. 32073.

12. **Мерганов А.М.** Актуальные проблемы путевого хозяйства // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2013. № 3 (81). С. 198—199.

#### *Ссылка для цитирования*

**Золкин А.Л., Василенко К.А., Тормозов В.С., Скибин Ю.В.** Использование прикладной программно-информационной системы в среде разработки Delphi для диагностирования состояния тяговых электродвигателей // Автоматизация. Современные технологии. 2021. Т. 75. № 1. С. 11—15.