



Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет
путей сообщения

Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств

Омск 2017

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Материалы второй всероссийской
научно-технической конференции

(19 октября 2017 г.)

Омск 2017

УДК 621
ББК 34в06
И66

Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств: Материалы второй всероссийской научно-технической конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 217 с.

В сборник вошли статьи, в которых рассмотрены основные совершенствования технологий машиностроительных производств, включая технологическое проектирование, получение и использование инновационных материалов и технологий, управление системами и процессами, математическое моделирование; показана важность использования технологического проектирования в условиях распределенных производственных систем как новых тенденций в современном машиностроении; раскрыты основные этапы организации оперативного перехода в условиях современного машиностроительного производства при смене номенклатуры производств.

Сборник может быть полезен для научных сотрудников и специалистов, работающих в области машиностроения.

Библиогр. 112 назв. Табл. 17. Рис. 77.

Редакционная коллегия:

доктор техн. наук, доцент С. Г. Шантаренко (отв. редактор);
доктор техн. наук, профессор В. В. Харламов;
доктор техн. наук, профессор А. Ю. Попов;
канд. техн. наук Е. В. Пономарев.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор А. П. Моргунов;
доктор техн. наук, профессор В. А. Аксенов.

ISBN 978-5-949-41180-3

© Омский гос. университет
путей сообщения, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Малютин А. Г., Лаврухин А. А., Окишев А. С. Подсистема мониторинга и учета параметров и динамических характеристик технологических процессов.....	5
Аверков К. В., Шайдулина С. Л. Использование поляризационно-оптического метода для анализа напряжений, возникающих в зоне контакта зубьев зубчатых колес.....	12
Архиреев А. Г., Нахлесткин А. А., Буслаев С. В. Оптимизация процесса торцевого фрезерования.....	16
Альтман Е. А., Афанасьева Н. С. Эффективные вычислительные алгоритмы для решения задач автоматизации и управления производством.....	22
Нелис Л. И., Суровикин С. Н., Чикина К. В. Вихретоковый метод контроля деталей на производстве.....	28
Малютин А. Г., Васильев А. В. Совершенствование методов контроля и управления доступом в АСУ ТП на основе биометрической идентификации личности.....	32
Круглов В. М., Кузнецов В. В. Рельсовое скрепление российских железных дорог.....	41
Саврухин А. В. Разработка методики определения параметров термической обработки элементов машиностроительных конструкций на основе компьютерного моделирования кинетики структурных и фазовых превращений в стали.....	49
Гаращук О. А. Анализ правового статуса конструкторской документации как объекта гражданского права России и ее взаимосвязь с действующим правовым регулированием информации в целом.....	54
Иванов П. Ю., Мануилов Н. И., Дульский Е. Ю., Худоногов А. М. Исследование работы стабилизатора крана машиниста УСЛ № 395.....	62
Попов А. Ю., Тотик М. А., Назаров П. В., Тишанский Д. Н. Применение адаптивной системы люнетов при профильном шлифовании протяжек.....	69
Грицутенко С. С., Степанова Е. А. К вопросу о моделировании гармоник тока и напряжения при проектировании анализаторов качества...	77
Аверков К. В., Макашин Д. С. Использование средств iLogic при проектировании в Autodesk Inventor.....	84

Капустьян М. Ф., Супчинский О. П., Кулаковская В. П. Современный подход к информационному обеспечению управления технологической подготовкой производства.....	89
Кузнецов А. А., Усачева К. В. Повышение точности средств аналитического контроля при обеспечении идентичных условий испытаний.....	97
Костюков А. В., Зайцев А. В. Разработка критериев оценки вибрационного состояния колесно-моторных блоков электроподвижного состава.....	104
Рауба А. А. Совершенствование технологической операции обработки рабочей поверхности коллекторов.....	111
Обрывалин А. В. Разработка мероприятий по повышению качества ремонта вагонных колес.....	116
Смольянинов А. В. Особенности применения катковой станции при ремонте железнодорожного подвижного состава.....	121
Петроченко С. В. Экспериментальные исследования влияния шероховатости рабочей поверхности коллектора и твердости поверхностного слоя на интенсивность изнашивания коллекторных пластин.....	132
Белан Д. Ю., Гелетюк Ю. Н. Конструкторско-технологический анализ подвески тягового двигателя НБ-514Б.....	138
Бакланов А. А. Особенности конструкции и работы колесно-моторного блока электровоза с двухсторонней косозубой тяговой передачей.....	144
Ахмеджанов Р. А. Автоматизированный разъемный соленоид.....	150
Ильиных А. С., Галай М. С., Сидоров Э. С. Обеспечение требуемых показателей качества алюминотермитных сварных соединений рельсов за счет совершенствования технологии механической обработки.....	156
Смайлова Н. Т. Модернизация головки толкателя прошивного стана....	163
Костюков А. В., Щелканов А. В., Бурда Е. А. Контроль качества ремонта электродвигателей методами вибродиагностики и частичных разрядов.....	169
Кильдибеков А. Б., Петров В. В., Петров К. С. Применение оптоэлектронного измерительного преобразователя линейных перемещений на предприятиях машиностроения.....	176
<i>АННОТАЦИИ</i>	183

А. Г. Малютин, А. А. Лаврухин, А. С. Окишев

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассматривается концепция системы, предназначенной для мониторинга и учета параметров и динамических характеристик технологических процессов. Система основана на ранее разработанном прототипе, введенном в эксплуатацию, и отличается от него новыми решениями, позволяющими достигать повышенной мобильности и более простой масштабируемости. Описываются основные реализованные функции системы, а также ее потенциальные возможности.

Рассматривается задача мониторинга и учета параметров и динамических характеристик технологических процессов, как непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта. Результат мониторинга представляет собой совокупность измеренных значений параметров, получаемых на неразрывно примыкающих друг к другу интервалах времени, в течение которых значения параметров существенно не изменяются. Соответственно система мониторинга и учета (далее – система) является иерархической многоуровневой территориально распределенной автоматизированной системой и включает в себя следующие основные элементы:

первый (измерительный) уровень – информационно-измерительные комплексы (ИИК);

второй уровень включает локальные информационно-вычислительные комплексы (ЛИВК): концентратор, устройство сбора и передачи данных (УСПД) и средства сопряжения устройства сбора и передачи данных и сети передачи данных;

третий уровень – информационно-вычислительный комплекс (далее – ИВК): средство сопряжения устройства сбора и передачи данных и сети передачи данных, сервер системы сбора данных телеметрии (ССДТ), сервер телеметрических приложений (СТП);

четвертый уровень включает в себя автоматизированные рабочие места и серверы различных эксплуатационных служб.

Система обеспечивает решение следующих основных задач:

- мониторинг измеряемых параметров и динамических характеристик с локализацией по времени и месту;
- автоматическое хранение результатов измерений и журналов событий системы;
- резервное копирование баз данных и копирование их архива на внешний носитель информации;
- визуальное представление, печать и предобработка результатов измерений;
- автоматическая коррекция времени и синхронизация времени с единым календарным временем средствами СОЕВ;
- передача результатов измерений, данных о состоянии средств измерений в соответствующие службы и другим заинтересованным субъектам;
- предоставление пользователям и эксплуатационному персоналу регламентированного доступа к визуальным, печатным и электронным данным.

Основными информативными параметрами являются:

- дискретизация измеряемых сигналов выполняется с частотой 16000 Гц;
- наблюдение и хранение с периодами 1 с, 3 с, 6 с, 60 с, 30 мин;
- возможность хранения осциллограмм и спектров сигналов;
- хранение времени выполнения измерений с привязкой к системе обеспечения единого времени (СОЕВ);
- совместимость с существующими промышленными коммуникационными технологиями и протоколами Industrial Ethernet, Modbus TCP, PROFINET и др.

Измерительные блоки, подключаемые к разнообразным датчикам технологического оборудования, представляют собой измерительные преобразователи, выполняющие измерение тока и напряжения, оперативное хранение полученных показаний и их передачу на концентратор.

Дискретизация выполняется с частотой 16000 Гц, что позволяет определять не только действующие значения сигналов с высокой точностью, но и выполнять гармонический анализ сигналов, а также анализировать форму

сигналов токов и напряжений, например, с целью диагностики устройств и анализа динамических процессов.

На рис. 1 приведена структурная схема измерительного блока. В его состав входят следующие компоненты:

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с цепями первичного преобразования и нормализации сигналов тока и напряжения;
- микроконтроллер обработки данных (МКОД), выполняющий задачи вычисления и буферизации данных;
- микроконтроллер передачи данных (МКПД), выполняющий задачи обмена данными с концентратором, имеющий достаточно простой интерфейс и позволяющий выполнять удаленное программирование МКОД для обеспечения возможности изменять функциональный состав программного обеспечения измерительного блока;
- оперативное запоминающее устройство (ОЗУ);
- флеш-память для оперативного хранения показаний;
- сегнетоэлектрическая оперативная память (СЗУ) для хранения текущих показаний счетчика и его конфигурационных параметров;
- часы реального времени;
- модуль ZigBee для обмена данными с концентратором;
- индикатор состояния, отображающий результаты самодиагностики измерительного блока и позволяющий определять его состояние и возможные неисправности.

Концентратор ЛИВК является шлюзом для получения данных с ИИК и передачи полученных данных на сервер сбора данных ИВК.

Концентратор реализуется на базе промышленного компьютера (ПК), который является РС-совместимой платформой в специальном конструктивном исполнении. ПК обладают повышенной надежностью и устойчивостью к неблагоприятным условиям эксплуатации и обеспечивают механическую защиту от ударов и вибраций, пыле- и влагозащищенность (от IP-20 до IP-67), расширенный температурный диапазон эксплуатации, устойчивость к помехам и наводкам различной природы. Промышленные компьютеры имеют нормированные показатели наработки на отказ (MTBF), достигающие сотен тысяч часов непрерывной работы, малым временем восстановления после сбоев (MTTR).

Концентратор может быть реализован в виде компактного конструктива или в виде панельного ПК, который представляет собой единый конструктив, в котором объединены промышленный компьютер и сенсорный LCD-монитор с высокой яркостью, широким углом обзора и большой наработкой на отказ.

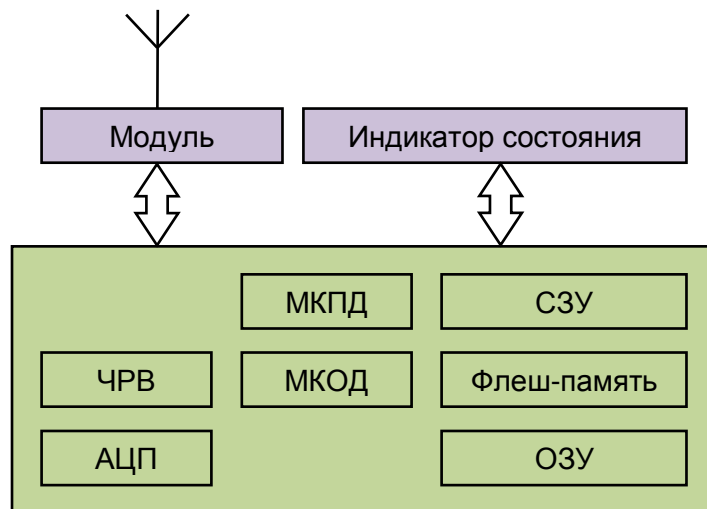


Рис. 1. Структурная схема измерительного блока

Конкретный вариант ПК также зависит от следующих аспектов:

- соответствие производительности процессора, типа и объема памяти и аппаратных возможностей требованиям программного системного и прикладного обеспечения;
- количество и виды поддерживаемых интерфейсов и каналов передачи данных и способов их организации;
- вид человеко-машинного интерфейса;
- диапазон входного напряжения электропитания и уровень энергопотребления;
- наличие требований по отсутствию принудительного охлаждения (безвентиляторная система).

В настоящее время ПК чаще всего реализуются на x86-совместимых процессорах (реже на архитектуре ARM) с поддержкой оперативной памяти DDR2-3. Долговременная память реализована либо флеш-накопителями, либо ударостойкими дисковыми накопителями сравнительно небольшой емкости. Интерфейсные возможности ПК представлены следующими элементами:

- специализированные промышленные компьютерные шины: Mini-PCIe, CompactPCI, AdvancedTCA, COMExpress, VME, VXI, PC/104 и др.;

- интерфейсы передачи данных и сопряжения: Ethernet 100/1000 (FE-GE), USB, RS-232/422/485 и др.;
- цифровые входы/выходы (DIO), каналы аналогового выхода (DAC);
- поддержка аудио и видео (VGA, DVI).

Системное программное обеспечение (СПО) промышленных компьютеров представлено операционной системой (ОС) семейств Windows, DOS или Linux (иногда используют ОС реального времени Windows CE, QNX, RTOS).

На рис. 2 приведена структурная схема концентратора, в которой можно выделить следующие основные элементы:

- промышленный компьютер (с соответствующими интерфейсами);
- сенсорный LCD-монитор для отображения данных измерения и управления;
- USB-модуль ZigBee для взаимодействия с измерителями;
- USB-модуль GPS/Глонасс для обеспечения синхронизации времени и определения местоположения.

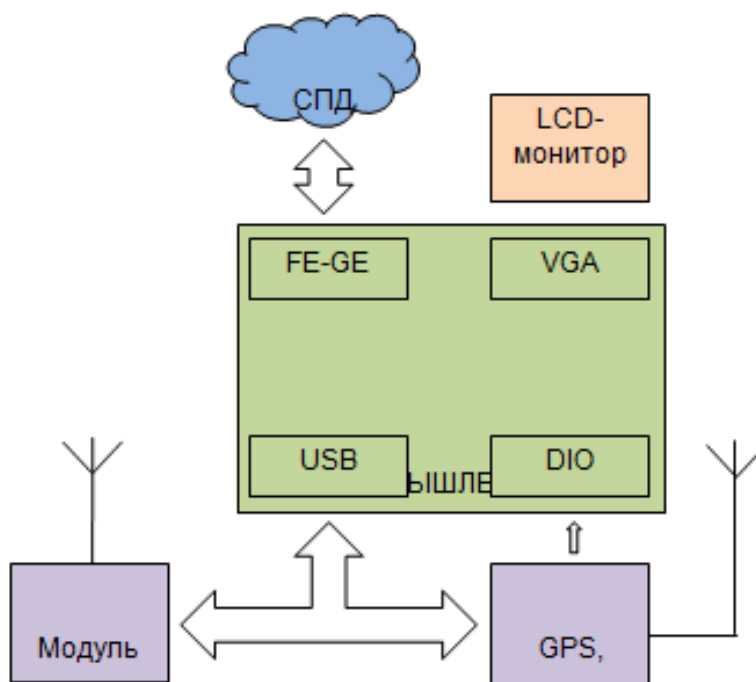


Рис. 2. Структурная схема концентратора

Взаимодействие концентратора с ИВК может быть осуществлено через сеть передачи данных (СПД).

Информационно-вычислительный комплекс (рис. 3) состоит из следующих основных элементов:

- сервер системы сбора данных телеметрии (ССДТ);
- сервер телеметрических приложений (СТП);
- отказоустойчивый кластер СУБД и система хранения данных;
- маршрутизатор доступа и коммутатор.

Сервер системы сбора данных телеметрии (сервис телеметрии) осуществляет непосредственное взаимодействие с концентратором ЛИВК и прием от него данных телеметрии с ИИК. Также ССДТ выполняет функцию системы обеспечения единого времени (СОЕВ) с использованием сигналов точного времени от спутников GPS/ГЛОНАСС.

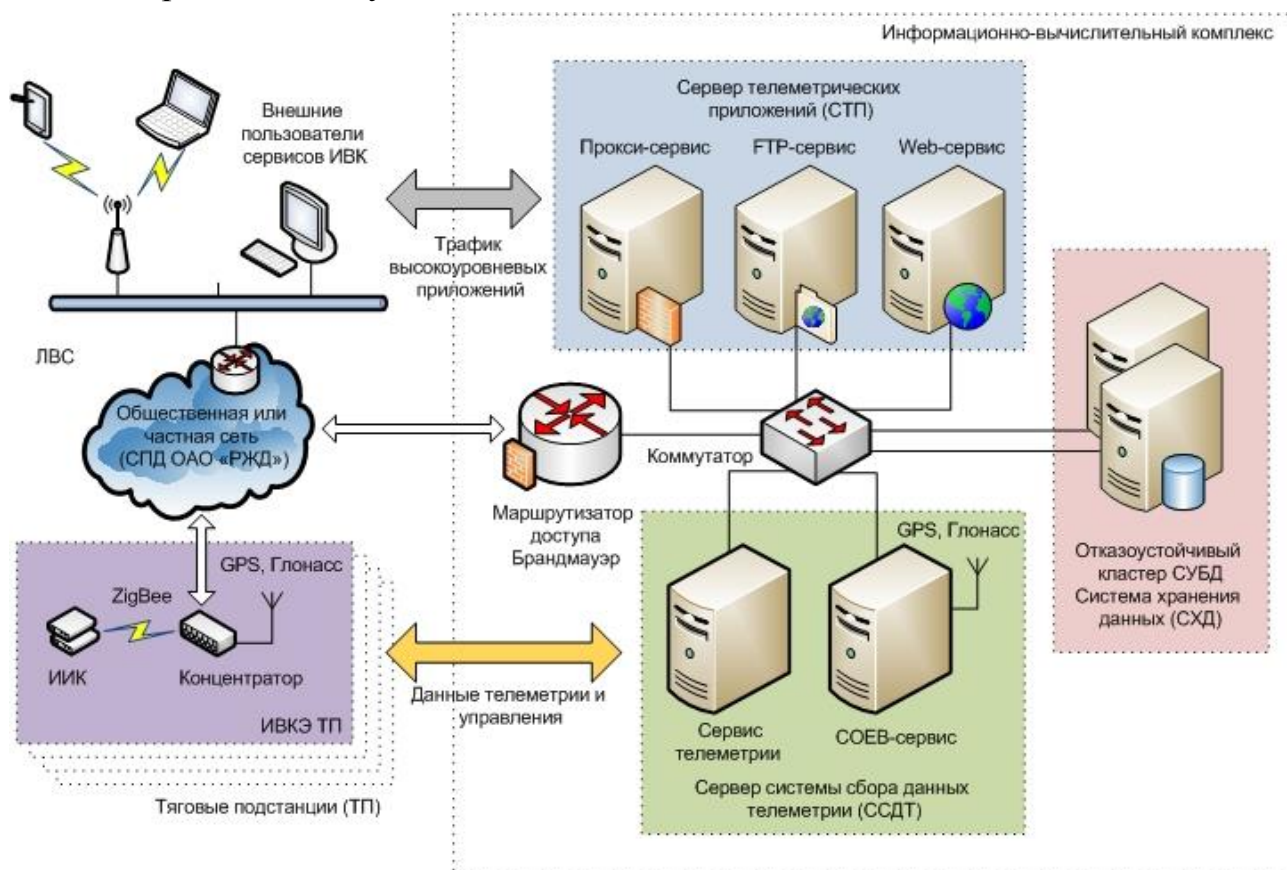


Рис. 3. Структурная схема информационно-вычислительного комплекса

Сервер телеметрических приложений осуществляет обслуживание пользователей внешних систем по обеспечению доступа к данным телеметрии. Для этого в его составе действуют FTP-сервис и web-сервис, которые предоставляют услуги доступа к информации по протоколам FTP и HTTP.

Прокси-сервис обеспечивает регламентированный доступ к сервисам, контроль и балансировку трафика приложений.

ИВК обеспечивает решение следующих задач:

- автоматический и/или по запросу сбор и хранение результатов измерений со всех ЛИВК, входящих в состав системы;
- ведение журналов событий со всех ЛИВК;
- резервное копирование баз данных и копирование их архива на внешний носитель информации;
- автоматическая коррекция времени в ИВК, синхронизация времени ИВК с единым календарным временем (СОЕВ);
- автоматическая передача результатов измерений, данных о состоянии средств измерений в ИВК и другим заинтересованным субъектам, предоставление пользователям и эксплуатационному персоналу регламентированного доступа к визуальным, печатным и электронным данным;
- механическая и программная защита от несанкционированного доступа к элементам ИВК.

ИВК характеризуется следующими основными эксплуатационными возможностями:

- работа в реальном масштабе времени всей сетевой и серверной инфраструктуры в целом;
- гарантированный прозрачный доступ к информации 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году;
- надежность и отказоустойчивость решения в рамках используемых, а также планируемых, ресурсов;
- малое время отклика, адекватная пропускная способность, отсутствие узких мест, изоляция трафика без дополнительных задержек;
- масштабируемость, гибкость и управляемость инфраструктуры, позволяющие дальнейшее развитие, как для увеличения количества клиентских приложений, так и для роста производительности всего комплекса.

Обеспечение данных требований осуществляется за счет применения современных кластерных технологий и средств виртуализации.

Список литературы

1. Принципы построения информационной системы мониторинга и учета электроэнергии на фидерах контактной сети / С. Н. Чижма, А. А. Лаврухин и др. // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2015. – №3(23). – С. 94 – 104.

2. Малютин, А. Г. Информационно-вычислительный комплекс автоматизированной системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети / А. Г. Малютин // Информационные и управляющие системы на транспорте и в промышленности: Материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием. Омский гос. ун-т путей сообщений. Омск, 2014. С. 41–50.

УДК 620.162.4

К. В. Аверков, С. Л. Шайдулина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗОНЕ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

В статье рассматривается проблема определения механических напряжений в зоне контакта зубьев зубчатых колес. Решить данную проблему предлагается за счет использования поляризационно-оптического метода исследований. В статье приведено описание опытной установки для определения напряжений, а также результаты эксперимента.

Одной из самых актуальных задач при проектировании зубчатой передачи является определение механических напряжений в зоне контакта зубьев. Эти напряжения определяют ресурс передачи, и передаваемый крутящий момент.

Расчет контактных напряжений в прямозубом зубчатом зацеплении осуществляется по формуле [1]:

$$\sigma_H = \frac{Z_\sigma}{a_w} \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot T_1 \cdot (u_\phi \pm 1)^3}{b_2 \cdot u_\phi}} \leq [\sigma]_H, \quad (1)$$

σ_H – расчетные контактные напряжения, МПа;

$Z_\sigma = 9600 \text{ МПа}^{1/2}$;

a_w – межосевое расстояние, мм;

K_H – коэффициент нагрузки;

T_1 – передаваемый крутящий момент, Н·м;

u_ϕ – передаточное отношение;

b_2 – ширина зубчатого венца, мм;

где $[\sigma]_H$ – допустимые напряжения, МПа.

Данная формула не учитывает многих факторов:

1. Изменение числа зубчатых колес в процессе зацепления с учетом коэффициента перекрытия;
2. Изменение передаваемого крутящего момента из-за перемещения точки контакта зубьев вдоль линии зацепления.

Расчет контактных напряжений методом конечных элементов также имеет существенные недостатки:

1. Необходимость наличия соответствующего программного обеспечения;
2. Наличие некоторой погрешности, обусловленной дискретностью расчета;
3. Длительность расчета при уменьшении дискретности.

В данной работе для расчета контактных напряжений в зубчатом зацеплении предлагается применить поляризационно-оптический метод (метод фотоупругости).

Сущность метода заключается в возникновении под действием механических напряжений оптической анизотропии в первоначально изотропных твёрдых телах. Анизотропия проявляется в возникновении интерференционной картины при рассмотрении образца в поляризованном свете. Луч поляризованного света, проходя через напряженный образец, он разделяется на два луча, поляризованных в плоскостях, совпадающих с векторами главных напряжений в рассматриваемой точке. Лучи распространяются с разной скоростью и интерферируют на выходе из образца. По расположению линий интерференционной картины можно судить о значении напряжений и сделать вывод о том, какие участки тела более нагружены.

Поляризационно-оптический метод обладает рядом достоинств:

1. Высокая наглядность метода;
2. Напряжения отчетливо видны по глубине.

Схема установки представлена на рис. 1.

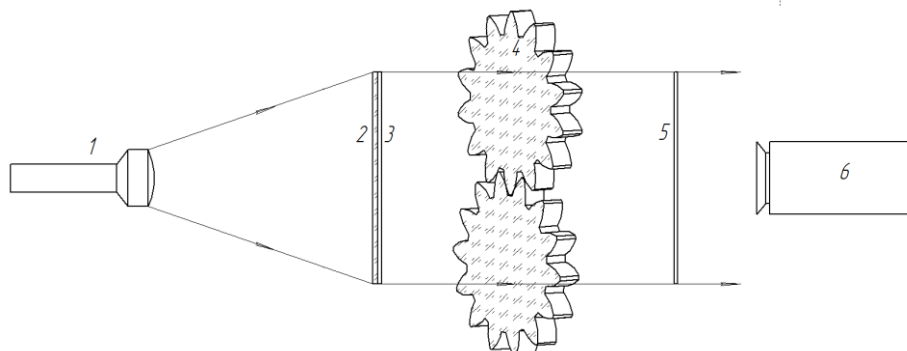


Рис. 1. Схема установки для поляризационно-оптического исследования механических напряжений в зоне контакта зубчатых колес

Свет от источника 1 попадает на экран 2, покрытый поляризационной пленкой 3. Экран рассеивает свет и таким образом получается распределенный источник поляризованного света. Далее свет проходит через находящиеся под нагрузкой образцы 4, и через поляризационную пленку 5 попадают в камеру 6.

Были подготовлены управляющие программы для станка с числовым программным управлением (рис. 2).

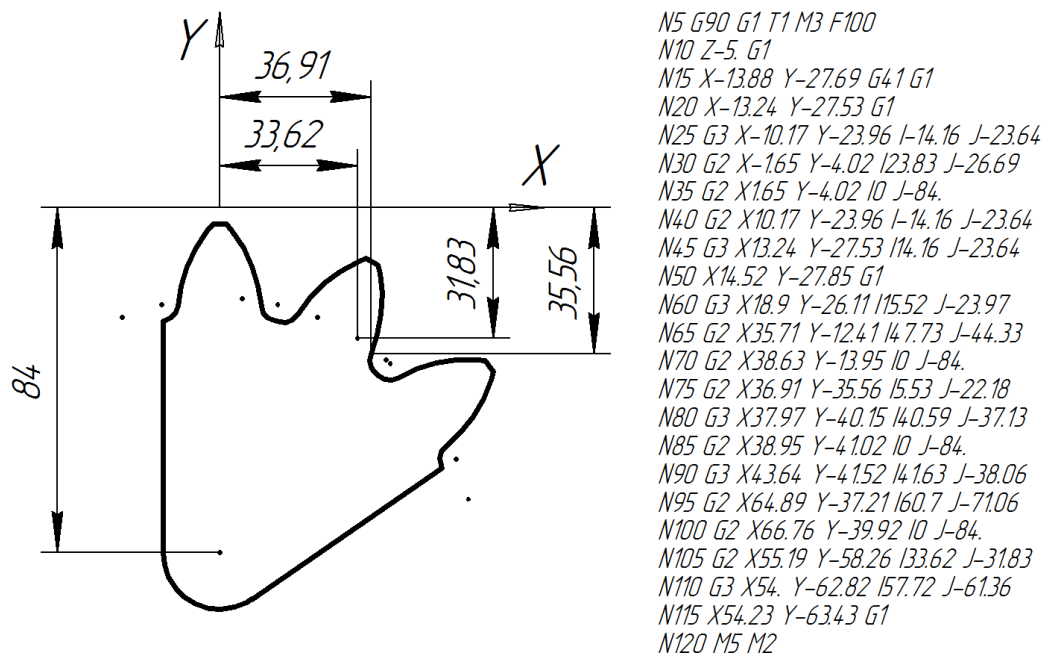


Рис. 2. Координатный эскиз и управляющая программа

С помощью полученной управляющей программы на фрезерном станке с числовым программным управлением КФПЭ-250 были изготовлены образцы из поликарбоната. Данный материал характеризуется достаточно высокой оптической анизотропией при механических нагрузках и удобен для выполнения данной работы. Кроме того он хорошо обрабатывается без образования трещин и сколов, а также без оплавления стружки от тепла, образующегося при резании.

Используя изложенную выше методику были получены изображения представленные на рис. 3.

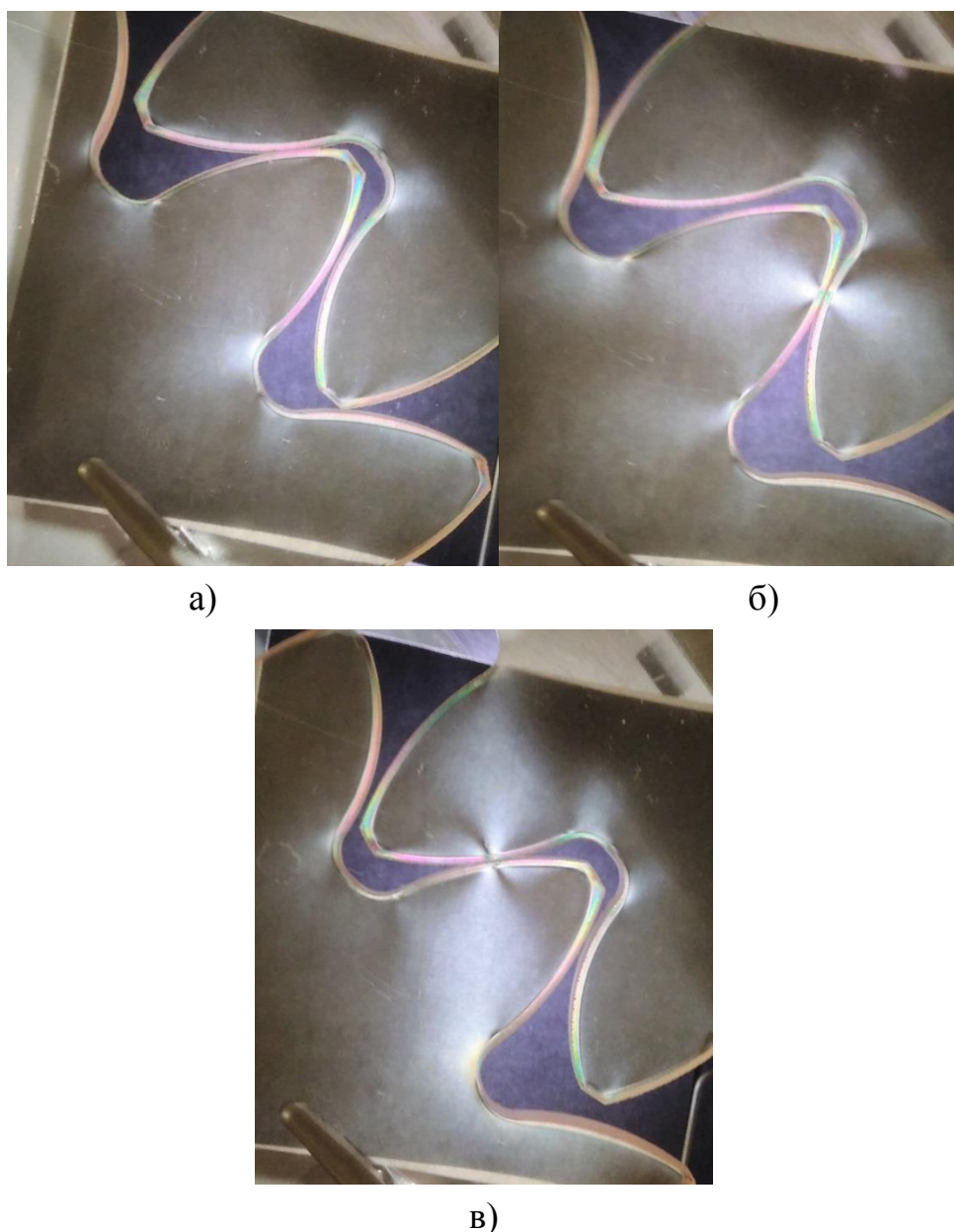


Рис. 3. Испытуемые образцы под нагрузкой:
а) $M_{кр} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$; б) $M_{кр} = 150 \text{ Н} \cdot \text{м}$; в) $M_{кр} = 300 \text{ Н} \cdot \text{м}$

На изображениях видны напряжения, возникающие в зоне контакта колес, а также в основании зуба переходом участка.

Приведенные эксперименты показали, что поляризационно-оптический метод вполне применим для анализа напряжений, возникающих в зоне контакта зубчатых колес и выявления наиболее нагруженных участков в сечении зуба.

Список литературы

1. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов – М.: Высшая школа, 2001. – 447 с.

УДК 621.9.02

А. Г. Архиреев, А. А. Нахлесткин, С. В. Буслаев

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Данная статья посвящена изучению технологии торцевого фрезерования. На основе существующей математической модели торцевого фрезерования, проведена оптимизация некоторых параметров данного процесса. Произведен подбор геометрических параметров фрезы, на основе исследования найдены оптимальные параметры для настройки вертикально-фрезерного станка для определенного типа сплава. Выполнен технологический расчет параметров режима резания. В ходе исследования выявлена оптимальная скорость резания при температуре, соответствующей максимальной стойкости инструментального материала.

Увеличение объема производства металлов играет немаловажную роль в формировании народного хозяйства. В настоящее время происходит не только повышение производства, но и развитие самой технологий данного направления, сопровождающихся расширением сортамента изделий из металлов и сплавов и повышением их качественных показателей, что в значительной мере обуславливается условиями их обработки [4,8]. Фрезерование – обработка инструментом, которому сообщается вращательное движение резания при любых направлениях подачи в плоскости перпендикулярной оси вращения. Технологический метод формообразования

поверхностей фрезерованием характеризуется главным вращательным движением и обычно поступательным движением подачи. Фрезерованием обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные плоскости, фасонные поверхности, уступы и пазы различного профиля [1,6]. Эскиз технологической наладки операции торцового фрезерования представлен на рис. 1.

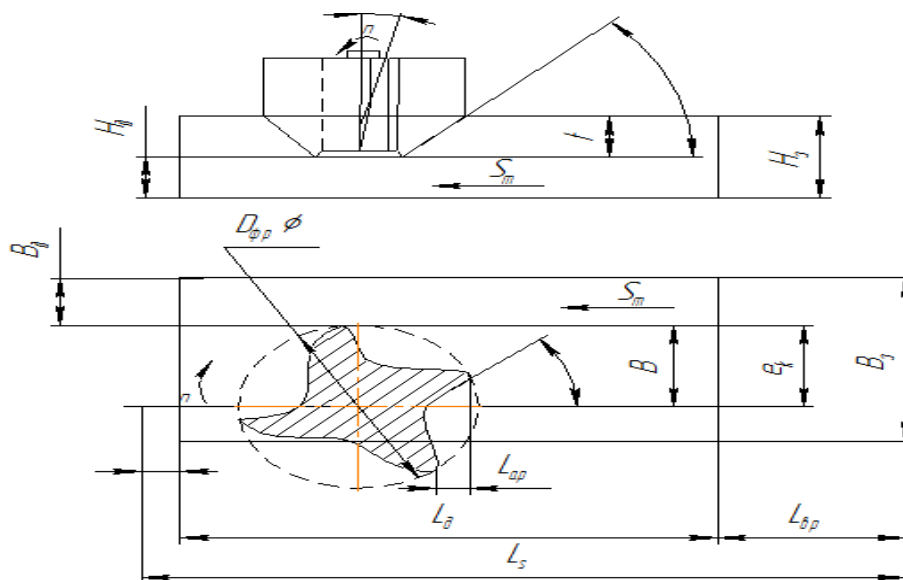


Рис. 1. Эскиз технологической наладки операции торцового фрезерования

В данном исследовании заготовка изготовлена из жаропрочного сплава на никелевой основе ХН62ВМЮТ-ВД [7].

Марка сплава ХН62ВМЮТ-ВД представляет собой жаропрочную сталь, в основе которой содержится никель 62% . Это стабильный аустенитный сплав, который после термической обработки и охлаждения в воздушной среде не меняет своей структуры. Сплав легируется молибденом, вольфрамом, алюминием и титаном [7,8].

Физические свойства сплава представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физические свойства сплава

Материал	НВ, МПа	σ , %	C_v , МДж/м ³ К
ХН62ВМЮТ-ВД	1100	13	4,8

Жаропрочные сплавы подобного типа широко применяются в производстве. Они обладают пластичностью, легко свариваются с помощью

ручной дуговой сварки. Жаростойкость позволяет применять сплав в машиностроении, активно использовать в элементах авиационной техники для штамповки лопатки турбин. В целом такие изделия можно считать универсальными. Круг и прутки из стали ХН62ВМЮТ-ВД применяют в строительстве, станкостроении в промышленном машиностроении.[5, 7]

Технологические характеристики обработанной поверхности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Технологические характеристики обработанной поверхности

H_3 , мм	H_0 , мм	B_3 , мм	B_0 , мм	L_3 , мм	L_0 , мм	R_z , мкм
60	55	44	50	74	64	20

В данном исследовании в качестве инструмента использовался инструмент на основе твёрдого сплава BK10XOM.

Твёрдые сплавы – твёрдые и износостойкие металлокерамические материалы, полученные методами порошковой металлургии, способные сохранять эти свойства при 900 – 1150°C. В основном изготавливаются из высокотвёрдых и тугоплавких материалов на основе карбидов вольфрама, титана, тантала, хрома, связанные кобальтовой металлической связкой, при различном содержании кобальта или никеля.

В табл. 3 представлены химические и физические свойства сплава BK10XOM [2].

Таблица 3

Химические и физические свойства сплава BK10XOM

Марка сплава	WC, %	TiC, %	TaC, %	Co, %	Прочность на изгиб(σ), МПа	Твёрдость, HRA	Плотность (ρ), г/см ³	Теплопроводность (λ), Вт/(м·°C)	Модуль Юнга (E), ГПа
BK10XOM	90	—	—	10	1800	87	14,6	67	574

Выполнен расчёт параметров фрезерования. В табл. 4 представлены материал, размеры и углы применяемого инструмента.

Таблица 4

Материал, размеры и углы применяемого инструмента

Материал	D _{фр}	Z	r, мм	φ, °	φ ₁ , °	α, °	λ, °	γ, °
BK10XOM	40	4	1	80	-	8	7	10

Параметры режима резания представлены в табл. 5. Параметры, влияющие на время обработки, представлены в табл. 6.

Таблица 5

Параметры режима резания

П, мм	В, мм	t, мм	e _н , мм	e _к , мм	a, мм	θ _н , °	θ _к , °	θ _м , °
5	44	5	0	20	0.05	0	90	46,02

Таблица 6

Параметры, влияющие на время обработки

S _z , мм/зуб	S ₀ , мм/об	v, м/мин	S _м , мм/мин	п, об/мин	L _с , мм	T _м , мин	h _з *
0,083	0,3	30,14	80	240	88	1,1	0,5

Физические характеристики процесса резания, её математическая модель описываются следующими зависимостями [2,3]:

$$P_{Hi} = P_{Xi} \sin Q_i + P_{Zi} \cos \theta, \quad (1)$$

$$P_{Vi} = -P_{Xi} \cos Q_i + P_{Zi} \sin Q, \quad (1.1)$$

$$P_{Xi} = K_v S_b t S_z \sin Q_i \sin \Psi_i + \sigma_b t h, \quad (1.2)$$

$$P_{Zi} = K_\xi S_b t S_z \sin Q_i + (\mu_1 \sigma_b h_\varsigma + 0,7 S_b H_0) (t / \sin \varphi + K_s S_z), \quad (1.3)$$

$$P_{Yi} = K_v S_b t S_z \sin Q_i \cos \Psi_i + \sigma_b t h_3 (ctg \varphi + S_z / t K_s) \quad (1.4)$$

На рис. 2 представлено моделирование силы P_h и P_y при фрезеровании торцевой фрезой.

Определение температур по задней поверхности режущего лезвия. Для фрезерования характерны весьма тонкие срезы (a=0.05 мм), поэтому для фрезерования можно пренебречь температурой на передней поверхности и рассчитать только температуру задней поверхности, значение которой выше, чем температура передней поверхности, т.к наиболее существенное влияние на

максимальную температуру задней поверхности оказывают влияние скорость резания и ширина фаски износа [3,5,6]. На рис. 3 представлен график зависимостей температуры передней и задней поверхностей от длины контакта.

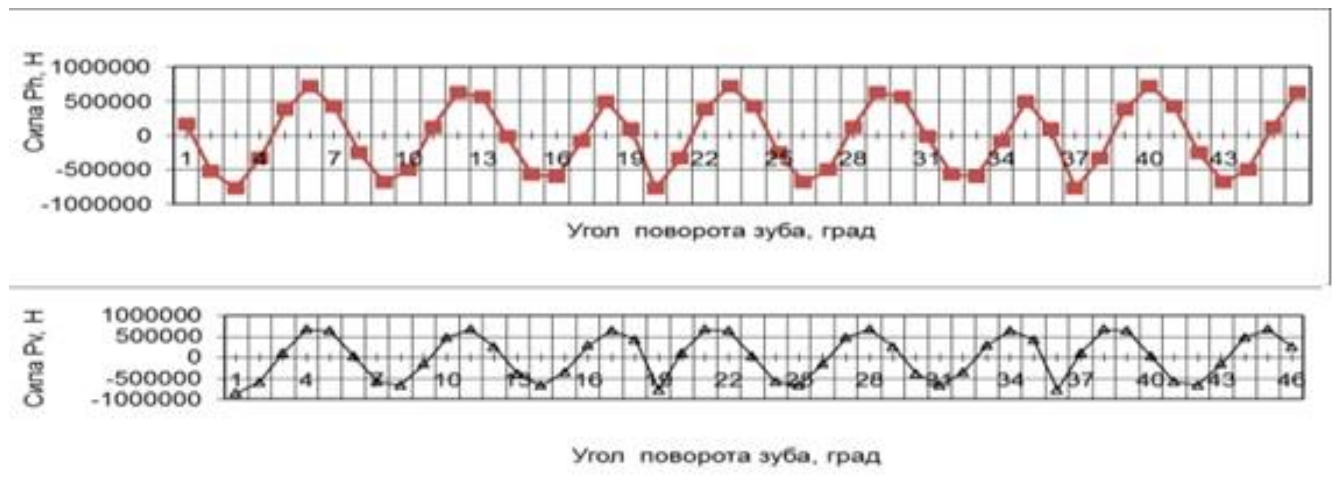


Рис. 2. Моделирование силы P_h и P_y при фрезеровании торцевой фрезой

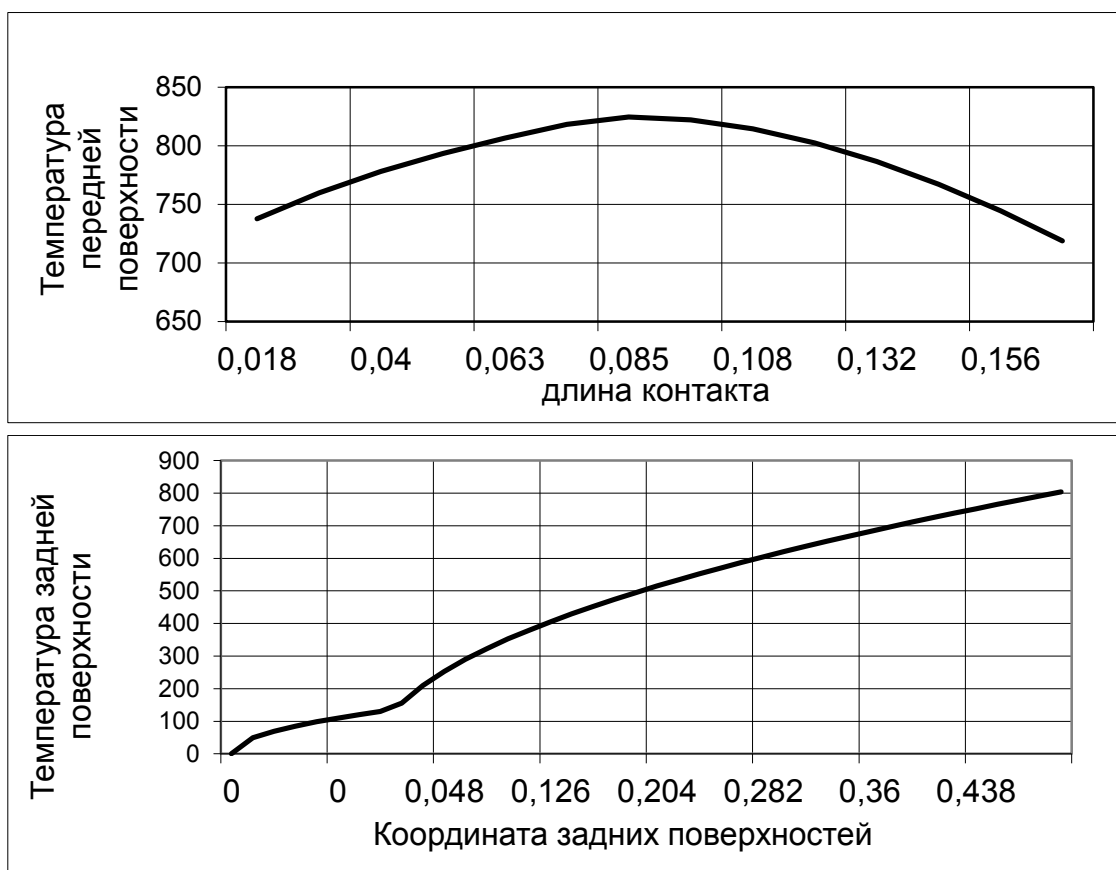


Рис. 3. Температуры передней и задней поверхностей

При обработке фрезой, изготовленной на основе сплава BK10ХОМ, важную роль играет контроль температур задней и передней поверхностей

инструмента. Выбирая частоту вращения инструмента и минутную подачу, мы можем контролировать температуру на задней и передней поверхностях резца. Однако следует учитывать, что при увеличении частоты вращения возрастает температура на задней поверхности, вместе с тем же уменьшается минутная подача, что в свою очередь ведет к увеличению пути резания инструмента – это ведет к повышенному износу резца и быстрому выводу его из строя. Повышение минутной подачи в свою очередь ведет к повышению температуры передней поверхности, что также сказывается отрицательным образом на износ инструмента. Таким образом, для резца неблагоприятны как низкие температуры, так и высокие температуры задней и передней поверхностей. Расчет оптимальных температур необходим для правильного выбора параметров фрезерования и является залогом долговечной работы резца. В данной работе температура передней поверхности равна 820 °С, температура задней поверхности 810 °С. Оптимальная скорость резания равна 30,14 м/мин, минутная подача 80 мм/мин. Данные параметры удовлетворяют рабочему диапазону параметров резца [1].

Список литературы

1. Материаловедение: Учебник для ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки и специализации в области техники и технологии / Б. Н. Арзамасов, В. И. Макарова и др. – 5-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 646с.: ил.
2. Барабанщиков, Ю. Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов / Ю. Г. Барабанщиков. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 150 с.
3. Безъязычный, В. Ф. Математические методы в технологии машиностроения / В. Ф. Безъязычный // Ярославский пед. вестн. – 2010. – № 3-1. – С. 45-50.
4. Материаловедение и технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие для студ. Вузов / С. И. Богодухов, А. Д. Проскурин и др.; под общ. ред. С. И. Богодухова. – Старый Оскол: ТНТ (Тонкие наукоемкие технологии), 2010. – 559 с.

5. Богодухов, С. И. Курс материаловедения в вопросах и ответах: Учеб. пособие для ВУЗов / С. И. Богодухов, В. Ф. Гребенюк, А. В. Синюхин. – М.: Машиностроение, 2003. – 255с.: ил.

6. Материаловедение : учеб. для студентов вузов / Ф. А. Гарифуллин, Ф. Ф. Ибляминов и др. ; Альметьев. гос. нефт. ин-т, Казан. гос. технол. ун-т. - Альметьевск, 2004. – 308 с.: ил.

7. Иванов, Д. А. Струйные технологии в машиностроении: монография / Д. А. Иванов, А. В. Васильева; М-во образования и науки Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. ун-т сервиса и экономики (СПбГУСЭ). – СПб.: Изд-во СПбГУСЭ, 2010. – 147 с.

8. Иванов, И. С. Технология машиностроения : учеб. пособие для студентов вузов по специальности 150406 "Машины и аппараты текстильной промышленности" / И. С. Иванов. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 192 с.

УДК 004.93'12

Е. А. Альтман, Н. С. Афанасьева

ЭФФЕКТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

В работе рассмотрены методы эффективного решения задачи сравнения и определения сигналов, поступающих в системы автоматизации и управления производством. Задача рассмотрена в общем виде, без привязки к конкретным типам систем управления и видам сигналов. Сделаны выводы об областях применения различных подходов к решению этой задачи.

На современном этапе развития средства автоматизации и управления производством выходят на качественно новый уровень. Интеллектуальные задачи, ранее решаемые человеком, постепенно находят технические решения за счет применения различных технологий искусственного интеллекта (таких, как компьютерное зрение, машинное обучение и других) [1].

Интенсивное внедрение этих технологий происходит в машиностроительном производстве, причем этот процесс идет в двух

направлениях: искусственный интеллект применяется как при производстве, так и в самих машинах [2, 3].

Качество работы любых систем искусственного интеллекта определяется двумя компонентами: репрезентативной выборкой исходных данных, на которых осуществляется обучение или разрабатываются детерминированные алгоритмы, и эффективность работы алгоритмов, обрабатывающих эти данные [4].

Одной из ключевых задач для обработки данных в системах искусственного интеллекта является задача сравнения сигналов. Любой метод анализа сигнала по своей сути производит сравнение исследуемого сигнала с некоторыми эталонами [5].

Не зависимо от характера сравнения сигналы могут иметь различное физическое воплощение. Это могут быть электрические сигналы от различного рода датчиков (для определения геометрических параметров, параметров силового электрического сигнала, давления или других физических параметров силовых механизмов станков, определения уровня шума, освещенности и многие другие), цифровые данные с оптических камер, данные от других информационных систем и др. Также, сигналы могут иметь различное математическое описание в виде одно или двумерных функций или последовательностей.

В данной работе рассматриваются эффективные методы общего вида для сравнения сигналов. Эти методы можно классифицировать по различным категориям, но, исходя из темы работы, выделим разделение методов по их вычислительной сложности и точности.

Указанные категории связаны между собой. Очевидно, что чем большую точность мы хотим получить, тем большее количество вычислений нужно проделать. Хотя точность определяется и другими свойствами реализуемой системы (например, большое значение имеет качество обрабатываемых данных) будем классифицировать алгоритмы по шкале сложности/точности (поскольку от других параметров, которые определяют точность, алгоритмы зависят меньше).

В теории информации и радиотехнике используется теорема Шеннона, которая определяет, какое количество информации можно получить исходя из имеющихся данных. Ее можно переформулировать для нашего случая и определить максимальную точность, достижимую в имеющейся ситуации.

Алгоритм, сравнивающий сигналы с максимально возможной точностью с точки зрения теории информации будет находиться на одном конце шкалы сложности/точности. На другом конце шкалы будет находиться практически бессмысленный алгоритм, который будет выдавать результат сравнений без вычислений, случайным образом.

Применительно к одно или двумерным последовательностям, алгоритмом, обеспечивающим максимальную возможную точность сравнения, во многих случаях будет являться одно или двумерная корреляция соответственно.

Применение корреляции для сравнения сигналов имеет два существенных ограничения.

Во-первых, вычисление корреляции даже двух сигналов часто требует большого объема вычислений. Особенно это проявляется при работе с двумерными сигналами при обработке изображений. В случае же большего числа сигналов (например, при обработке видеопоследовательности) количество вычислений может быть столь велико, что вычисления не могут быть выполнены за разумное время при современном уровне развития вычислительной техники.

Во-вторых, для сравнения двух сигналов с помощью корреляции сигналы должны обладать сходными параметрами (прежде всего энергией). В простейшем случае эта проблема решается нормировкой сигналов, однако такого решения не всегда достаточно. Например, два сравниваемых изображения могут отличаться уровнем освещенности, фокусировкой или даже разрешением. В этом случае точным решением, обеспечивающим максимальную точность сравнения с точки зрения теории информации, будет введение дополнительных размерностей для каждого из параметров, которые могут варьироваться у изображений, и вычисление многомерной корреляции для определения степени сходства. Очевидно, что вычисление подобной многомерной корреляции является слишком дорогостоящим в плане использования вычислительных ресурсов.

Анализируя приведенные выше причины, ограничивающие применение корреляции для сравнения сигналов, можно прийти к выводу, что основная проблема в выборе эффективного алгоритма сравнения сигналов заключается в

нахождении способа сократить количество вычислений при вычислении корреляции.

В самом общем смысле, все алгоритмы применяемые для сравнения сигналов и смещенные от алгоритма сравнения сигналов с помощью корреляции в сторону меньшей точности и меньших вычислительных затрат (сложности) являются способами снижения числа операций для вычисления корреляции. Эти способы можно свести к двум группам.

К первой группе относятся способы расчета корреляции за счет применения более экономичной вычислительной схемы. При использовании способов этой группы точность сравнения сигналов не уменьшается, но при этом не всегда достигнутое уменьшение количества вычислений является достаточным для решаемой задачи.

Ко второй группе относятся способы, выполняющие приближенное решение задачи сравнения двух сигналов. При использовании способов этой группы возможно значительное снижение числа вычислительных операций, требуемого для решения задачи, за счет небольшого ухудшения точности получаемого ответа. Несмотря на не оптимальность выдаваемого решения, на практике такие методы широко используются, поскольку позволяют решить задачи, не решаемые практически с помощью первой группы методов.

Одна из идей первой группы методов заключается в переходе от сравнения сигналов целиком к алгоритму, который на первом этапе сравнивает отдельные части сигналов, а затем интегрирует результаты сравнения. Алгоритмы этой группы реализуют принцип «разделяй и властвуй», применение которого для решения вычислительных задач восходит к алгоритму Карацубы для умножения больших чисел [6]. Имеются реализации этого принципа как для одномерных [7], так и для двумерных сигналов [8]. Если сравниваемые сигналы имеют длину n , то сложность вычисления корреляции этих сигналов будет пропорциональна n^2 . Каждое разделение сигналов позволяет уменьшить определяющий сложность показатель степени в $3/4$ раза.

Другой идеей снижения числа вычислений является перевод сигналов и в спектральную область с помощью быстрого преобразования Фурье и вычисление корреляции в этой области [7]. Количество операций при таком

способе вычислений будет пропорционально $n^{\log n}$, при этом коэффициент пропорциональности будет выше, чем в первом варианте.

Второй вариант вычислений будет лучше работать при больших значения n , первый вариант – при малых и среднй n .

Хотя эти способы и позволяют заметно снизить число вычислений, но для некоторых задач, работающих с большими массивами данных, требуемое количество операций все равно является высоким.

Вторая группа методов выполняет приближенное сравнение сигналов. Идея этих методов заключается в неполном сравнении сигналов. Для этого в сигналах выделяются особые составляющие, в наибольшей степени характеризующие сигнал. Это может быть наиболее характерная часть сигнала, либо специальным образом подсчитанная характеристика сигнала.

Наиболее ярким примером этой группы методов является спектральное представление сигналов. Для определения (приема) сигнала анализируется только небольшой участок его спектра. Такой метод анализа сигналов является основным в радиотехнике, и широко используется в других областях науки.

Помимо спектрального анализа существует и много других алгоритмов, использующих для сравнения сигналов некоторые характеристики сигналов. Например, при обработке изображений спектральные методы нашли ограниченное применения, а для сравнения изображений используют различного вида специальные точки или области изображений (feature) [9]. Вместо анализа всего изображения целиком и его попиксельного сравнения с другим изображением или эталоном (современные изображения содержат миллионы пикселей), на нам находится несколько десятков или сотен особых точек, по которым и идет анализ изображений.

Сложность второй группы методов не зависит от размера сигналов, поэтому эти методы могут применяться для анализа большого количества сигналов больших размеров.

Исходя из изложенного выше, можно сделать вывод, что выбор алгоритма для сравнения сигналов определяется, прежде всего, соотношением вычислительных ресурсов и объема обрабатываемых данных. Чем выше это отношения, тем более точный метод можно подобрать для решения поставленной задачи, вплоть до достижения максимальной точности, которая определяется количеством информации, которое можно получить из сигналов.

Список литературы

1. Бровкова, М. Б. Системы искусственного интеллекта в машиностроении Учеб. пособие для студентов вузов / М. Б. Бровкова; М-во образования и науки Рос. Федерации, Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 2004.
2. Гудков, А. А. Искусственный интеллект: перспективы практического использования в машиностроении [Текст] / А. А. Гудков, Н. В. Мищенко, М. В. Терехина – Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 3-2. – С. 109 –113.
3. Гончаренко, И. О. Методы оптимизации современных технологий в машиностроении при использовании искусственного интеллекта [Текст] / И. О. Гончаренко, Д. Н. Грубеш – Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2015. – Т. 1. – С. 356 – 363.
4. Флах, П. Машинное обучение [Текст] / П. Флах – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
5. Загоруйко, Н. Г. Когнитивный анализ данных / Н. Г. Загоруйко – Новосибирск: Академическое изд-во «ГЕО», 2012 г. – 186 с.
6. Карацуба, А. Умножение многозначных чисел на автоматах / А. Карацуба, Ю. Офман – Доклады Академии Наук СССР, 1962. – Т. 145, № 2.
7. Альтман, Е. А. Повышение эффективности метода перекрытия с накоплением для вычисления дискретной свертки / Е. А. Альтман, С. С. Грицутенко // Вопросы радиоэлектроники. – 2010. Т. 1. – № 3. – С. 88 – 96.
8. Альтман, Е. А. Быстрый алгоритм вычисления двумерной корреляции для видеообработки / Е. А. Альтман, Е. И. Захаренко // Доклады Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2015. – № 2 (36). – С. 119 – 124.
9. Альтман, Е. А. Детекторы локальных особенностей в системах компьютерного зрения, применяемых на железнодорожном транспорте / Е. А. Альтман, Н. С. Дикаревич, Т. В. Васеева – Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте. Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2016. – С. 272 – 280.

Л. И. Нелис, С. Н. Суровикин, К. В. Чикина

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В представленной научно-исследовательской работе рассмотрена проблема перспективности использования вихретокового метода контроля на производстве в существующих современных условиях повышенных требований к качеству выпускаемой продукции. В качестве объекта исследования было рассмотрено производство гильз блока цилиндров дизельных двигателей широкого диапазона применения; рассмотрен принцип работы наиболее распространённого вихретокового дефектоскопа типа НТ-8 и приведены данные о результативности его применения непосредственно на производстве.

Главенствующей задачей неразрушающего контроля на предприятии считается контроль надежности основных рабочих свойств и характеристик изделия или отдельных его узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа. В настоящее время имеется большое количество дефектоскопов, которые тем или иным образом имеют непосредственное практическое применение на производстве. В данной статье будет рассмотрен принцип действия вихретокового дефектоскопа типа НТ-8, содержащего шестнадцать накладных преобразователей и предназначенного для обнаружения дефектов сплошности различного вида в ферромагнитных изделиях, а также рассмотрен процесс контроля с его помощью чугунных гильз блока цилиндров дизельного двигателя [1, с.230].

Данный дефектоскоп позволяет обнаружить всевозможные дефекты сплошности материала гильзы блока цилиндров, таких как трещины, раковины, поры, расположенных как на внутренней, так и на наружной поверхностях гильзы, в различных диапазонах частот. Отличительная особенность данного дефектоскопа — высокая производительность (время непосредственного контроля одной гильзы не превышает 13 секунд). Автоматизация процесса контроля, а также возможность работы на нем контролеров завода без специальной подготовки позволяет сократить финансовые затраты предприятия на обучение кадрового состава [2, с.280].

Принцип действия дефектоскопа основан на модуляционном (или динамическом) способе контроля. Его характерной особенностью является относительное перемещение вихретокового преобразователя и контролируемого изделия, чаще всего с постоянной линейной скоростью. При взаимном перемещении накладного преобразователя и контролируемого изделия при попадании дефекта сплошности в область под преобразователем изменяется амплитуда его выходной э.д.с. При постоянной скорости относительного перемещения накладного преобразователя и контролируемого изделия указанная амплитуда зависит также от зазора между преобразователем и поверхностью изделия, а также от его электрических и магнитных параметров, в первую очередь таких, как удельная электрическая проводимость и магнитная проницаемость [3,с.115].

Как показывают всевозможные исследования, наибольшую сложность при контроле гильз блока цилиндров, изготавливаемых из высокопрочного чугуна, представляет разделение сигналов в измерительной цепи дефектоскопа, возникающих из-за присутствия дефектов сплошности контролируемого изделия и из-за непостоянства электромагнитных параметров его материала при перемещении накладного преобразователя вдоль контролируемой поверхности.

Для уменьшения влияния непостоянства зазора между накладным преобразователем и контролируемой поверхностью применяется два способа. При контроле внутренней поверхности гильзы блока цилиндров, то есть при малой шероховатости этой поверхности, используются контактные подпружиненные накладные преобразователи. Также, контроль гильз дефектоскопом проводится до операции мойки, поэтому на ее поверхности имеются остатки охлаждающей жидкости (применявшейся при механической обработке гильзы), что уменьшает трение между контактным преобразователем и контролируемой поверхностью. При контроле наружной поверхности гильзы применяются бесконтактные преобразователи. Для уменьшения влияния непостоянства зазора между накладным преобразователем дефектоскопа и контролируемой поверхностью он сделан относительно большим (около 3 мм). Для обеспечения требуемой чувствительности к мелким дефектам обмотки преобразователя включены в резонансные колебательные контура [2,с.281].

Для разделения сигналов, формирующихся от дефектов сплошности материала контролируемого изделия и от различных мешающих факторов, при динамическом способе вихретоковой дефектоскопии общепринятым является применение частотных фильтров различного типа, установленных после амплитудного детектора, на который поступает вторичный сигнал преобразователя. Это обусловлено тем, что в большинстве случаев частотный спектр импульсов (на выходе амплитудного детектора), соответствующих дефектам сплошности, отличается от спектра импульсов, вызванных влиянием мешающих факторов. Обычно дефектам сплошности как локальным резким изменениям однородности материала соответствуют на выходе амплитудного детектора импульсы с более крутыми фронтами и с меньшей длительностью по сравнению с теми, которые формируются при перемещении преобразователя над участками с отсутствующими дефектами. Применение в данном дефектоскопе фильтра верхних частот позволило достичь существенного повышения отношения (сигнал от дефекта) / (сигнал от структурных неоднородностей) [1,с.237]. После фильтра верхних частот производится дальнейшее разделение сигналов от дефектов сплошности и от структурных неоднородностей с применением микропроцессора на основе алгоритма, выведенного на основании экспериментальных исследований и практических опытов. Результатом данного технологического решения является почти полное устранение так называемых ложных срабатываний дефектоскопа, когда дефектоскоп срабатывает не от дефекта сплошности материала контролируемого изделия, а от сигнала, вызванного каким-либо мешающим фактором.

Процесс дефектовки гильз блока цилиндров с помощью дефектоскопа НТ-8 в промышленности полностью автоматизирован. После установки гильзы в отсек контроля дефектоскопа, как показано на рис. 1, закрываются защитные створки, гильза приближается к накладным преобразователям и приводится во вращение. При обнаружении под любым из 16-ти накладных преобразователей дефекта сплошности материала гильзы ее вращение прекращается, защитные створки открываются, а на передней панели электронного блока загорается световой индикатор красного цвета, показывающий, под каким преобразователем обнаружен дефект. Если дефекты отсутствуют, то после завершения цикла контроля вращение гильзы

прекращается, защитные створки отсека контроля открываются и оператор заменяет гильзу на новую и процесс повторяется [3,с.197].



Рис. 1. Процесс дефектовки гильзы блока цилиндров дефектоскопом НТ-8

Таким образом, применение вихретоковых дефектоскопов позволяет выявить скрытые дефекты ещё на этапе производства и сборки цилиндров двигателя. Стоит отметить, что применение данного оборудования в качестве первичной диагностики позволяет сэкономить значительные финансовые средства предприятия и предотвратить различные серьёзные поломки двигателей на этапе дальнейшей эксплуатации. Так, применение данных дефектоскопов на таких предприятиях, как АО «Омтрансмаш», ООО «Челябинский тракторный завод – УРАЛТРАК» с 2011 года позволило сократить число рекламаций по поводу преждевременного выхода из строя дизельных двигателей по причине разрушения блока цилиндров из-за внутренних дефектов на 7,5%, что хоть и незначительно, но сказывается на экономии финансовых ресурсов предприятий. Поэтому можно сказать, что на данный момент применение дефектоскопов самого различного устройства и принципа действия для диагностики узлов и агрегатов является необходимым фактором для повышения качества и надёжности производимого оборудования.

Список литературы

1. Клюев, В. В. Неразрушающий контроль / В. В. Клюев // М.: Машиностроение, 2003. – Т2. – 689 с.
2. Чернышев, А. В. Вихретоковый дефектоскоп для контроля гильз цилиндров дизельного двигателя / А. В. Чернышев, И. Е. Загорский // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.- техн. конф., Могилев, 16-17 апреля 2009 г.: в 3 ч. - Могилев, 2009. – Ч.2. – С. 280 – 281.
3. Шубочкин, А. Е. Развитие и современное состояние вихретокового метода неразрушающего контроля / А. Е. Шубочкин. – М.: Спектр, 2014. – 288 с.

УДК 004.056.53

А. Г. Малютин, А. В. Васильев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В АСУ ТП НА ОСНОВЕ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Одной из основных проблем современных методов контроля и управления доступом, основанных на биометрической идентификации личности, является снижение их надежности. Необходимо решать данную проблему правильным выбором метода, на котором основывается принцип защиты автоматизированных систем управления технологическим процессом. В данной работе рассмотрены пути повышения надежности методов и средств контроля и управления доступом в АСУ ТП на основе биометрической идентификации личности.

Современные автоматизированные системы управления технологическим процессом должны отвечать всем нововведениям в теории и практике управления, а рост эффективности и функциональности систем может быть обеспечен как прогрессом в области компьютерных и телекоммуникационных технологий, развитием возможностей интеграции компьютерной техники с самым разнообразным оборудованием, так и постоянным повышением

эффективности методов и средств программно-аппаратной реализации элементов АСУ ТП.

Современные компьютерные системы задействованы как в автоматизации технологических процессов, так и в автоматизации управления всем комплексом предприятия (АСУП). Зачастую, такие системы имеют сложную структуру и состоят из большого количества технологического оборудования, охватывают большие площади территории, на которой расположена автоматизированная система и включают в себя алгоритмы управления, требующие функционального разделения. В таких случаях, становится более эффективным применение распределенных систем управления (РСУ), то есть проведение топологической и функциональной децентрализации. Таким образом автоматизированными распределенными системами управления являются такие системы, каждый объект автоматизации которых оборудуется локальным технологическим контроллером, решающим задачи в пределах этого объекта. Важнейшим элементом РСУ является технологическая сеть передачи данных (ТСПД), которая строится по иерархическому принципу и имеет многоуровневую структуру. В ТСПД чаще всего выделяют следующие уровни:

- нижний уровень – уровень датчиков и исполнительных механизмов;
- средний уровень – уровень промышленных контроллеров;
- верхний уровень – уровень промышленных серверов и сетевого оборудования;
- операторский уровень – уровень оператора и диспетчерских станций.

Чем выше степень децентрализации, тем насущнее проблема обеспечения контроля и управления доступом к технологическому оборудованию или к отдельным информационным системам предприятия. Часто при этом имеют в виду системы контроля и управления доступом (СКД, СКУД), которые представляют собой комплекс средств физической безопасности, позволяющий ограничить доступ на охраняемый объект, контролировать и вести учет рабочего времени, систематизировать данные о количестве людей, находящихся на объекте, и контролировать доступ на территорию. Как правило, СКУД содержит: кодовые панели, считыватели карт, турникеты, шлагбаумы, специализированные рабочие станции, серверы и соответствующее программное обеспечение.

К особенностям контроля и управления доступом на современных производствах и в АСУ ТП можно отнести следующее:

географическая распределенность, высокая гетерогенность, круглосуточный режим работы;

сложность технологического оборудования и информационных подсистем;

высокая степень механизации и автоматизации современных производств;

наличие нескольких уровней доступа с использованием различных СКД и СКУД;

высокая численность персонала;

наличие производств, ограничивающих способы контроля доступа;

использование специнвентаря и спецодежды;

наличие опасных производств;

развитая сетевая инфраструктура и наличие внешних сетевых подключений, возможность несанкционированного доступа;

Проблема контроля и управления доступом не ограничивается только предотвращением возможности несанкционированного доступа в производственные помещения или к технологическому оборудованию. При высоком уровне автоматизации и развитии компьютерных систем предприятия задача обеспечения безопасного доступа особенно актуальна при использовании систем хранения и обработки технологической информации (описание структуры баз данных, обработка данных, управление данными) на основе промышленных систем управления баз данных (СУБД). Как правило, с учетом специфики РСУ такие СУБД обеспечивают поддержку распределенной обработки информации и модульного принципа построения системы из оперативно-независимых функциональных блоков и оперируют большими объемами корпоративной информации с повышенными требованиями безопасности. Также значимыми задачами являются обеспечение безопасности интерфейсов информационного взаимодействия, человеко-машинных интерфейсов, контроль и разграничение доступа к информационным ресурсам.

Все эти частные проблемы, относящиеся к физической и информационной безопасности, усугубляются в случае использования интернет/интранет-технологий, которые дают возможность удаленного доступа

к информационным системам предприятия из общественных или частных сетей или при работе внутри корпоративной сети предприятия для связи с географически удаленными субъектами.

Интеграция систем физической и информационной безопасности является одним из перспективных направлений развития современных интегрированных систем безопасности (ИСБ) предприятия и АСУ ТП. Интегрированные системы безопасности рассматривается как совокупность технических средств, предназначенных для построения систем информационной безопасности, контроля и управления доступом и телевизионного наблюдения (охранного телевидения), охранной сигнализации, пожарной автоматики. Все эти средства обладают технической, информационной, программной и эксплуатационной совместимостью.

Одним из общих функциональных элементов ИСБ являются средства идентификации и аутентификации, оперирующие сведениями о пользователе-субъекте – личностными признаками пользователя и его идентификатором, присваиваемым пользователю и подтверждаемому право использования ресурсов системы. Чаще всего в качестве идентификатора выступают пароль, ключевая фраза, смарт-карта, PIN-код, электронный ключ.

В процессе идентификации путем анализа личностных признаков пользователя происходит выявление принадлежности пользователя к определенному классу объектов системы. Далее в процессе аутентификации осуществляется проверка того что субъект, предъявивший свой идентификатор, на самом деле является именно тем субъектом, идентификатор которого он использует.

С целью повышения уровня безопасности активно внедряются биометрическая идентификация, основанная на использовании личностных биометрических особенностях пользователей. К биометрическим особенностям человека относят физиологические или поведенческие характеристики отдельно взятого человека. Данные характеристики могут быть уникальными и полученными от рождения человека, а могут быть приобретены с возрастом или под влиянием внешних воздействий. Основными биометрическими признаками являются такие особенности человека, как: отпечатки пальцев, форма ладони, форма лица, радужная оболочка глаза, сетчатка глаза, голос,

рукописный почерк. На основе этих признаков строятся методы биометрической идентификации.

Основные понятия биометрии вводятся в соответствующих международных и отечественных стандартах и законодательных актах, к основным из которых можно отнести:

- стандарты международного подкомитета по стандартизации ISO/IEC JTC 1/SC 37 Biometrics и технического комитета 098 Росстандарта;

- Статья 11 Федерального закона «О персональных данных» № 152-ФЗ от 27 июля 2006 г.;

- ГОСТ ISO/IEC 2382-37-2016 – Межгосударственный стандарт. Информационные технологии. СЛОВАРЬ. Часть 37. Биометрия.

В частности в ГОСТ ISO/IEC 2382-37-2016 вводятся такие базовые понятия как:

- биометрическое распознавание (biometric recognition) / биометрия (biometrics) – автоматическое распознавание индивидов, основанное на их поведенческих и биологических характеристиках;

- верификация – сравнение один к одному с биометрическим шаблоном;

- идентификация – сравнение один ко многим. Сравнение со множеством кандидатов и выбор наиболее близкого.

В настоящее время существует множество различных методов биометрической идентификации, которые основаны на двух классах биометрических характеристик – статическом и динамическом [1, 2]. Статические – это характеристики, приобретенные человеком от рождения, например, отпечатки пальцев, сетчатка глаза, форма лица. При идентификации применяются специальные сканеры (оптические, ультразвуковые и полупроводниковые) или фото- и видеокамеры. К динамическим характеристикам относятся голос, подпись, динамика клавиатурного набора и др. В этом случае идентификация осуществляется с помощью сканеров, звукозаписывающего оборудования, фото- и видеокамер.

Работа системы биометрической идентификации, основанная на соответствующих методах, предполагает следующие основные этапы процесса идентификации: запись, выделение, сравнение и анализ на совпадение или несовпадение. В процессе записи осуществляется запоминание одного или нескольких физических или поведенческих образцов (например, отпечатков

пальцев). В ходе выделения из полученных образцов выделяется уникальная информация и формируется биометрический образец. На третьем этапе полученный биометрический образец сравнивается эталонными образцами уже имеющимися в системе. На последнем этапе система решает, совпадают ли или не совпадают биометрические образцы, и выносит решение.

В табл. 1 приведена классификация биометрических параметров и соответствующих методов биометрической идентификации. Рассмотрим методы, получившие наибольшую популярность на практике.

Таблица 1

Биометрические параметры

Применяются часто (просты в реализации)		Применяются редко (сложны или требуется специальное оборудование)	
<i>Статические Физиологические</i>	<i>Динамические Поведенческие</i>	<i>Статические Физиологические</i>	<i>Динамические Поведенческие</i>
Отпечатки пальцев	Подпись	Сетчатка глаза	Клавиатурный почерк
Геометрия ладони и руки	Голос	Форма ушей	Рукописный почерк
Геометрия лица	Типовые жесты	Узор кровеносных сосудов	Походка
Радужная оболочка глаза		Запах	
		Отражение от кожи, Термограмма	
		ДНК	

Наиболее распространенным в настоящее время методом биометрической идентификации является распознавание отпечатков пальцев посредством сканеров отпечатков (оптические, ультразвуковые и полупроводниковые сканеры).

При идентификации по форме руки анализируются геометрические особенности кисти руки в разных проекциях. Основными признаками являются ширина ладони, радиус окружности, вписанной в центр ладони, длина пальцев и высота кисти руки. Возможен анализ рисунка кровеносных сосудов и геометрии фаланговых складок. Его преимуществом является уникальность расположения кровеносных сосудов так же, как и папиллярного узора пальца человека.

К биометрическим характеристикам глаза человека относятся рисунок сетчатки, расположение кровеносных сосудов на дне глаза, рисунок радужной оболочки.

Методы распознавания по лицу занимают второе место по распространённости и активно набирают популярность. Это вызвано отсутствием необходимости использовать специальное оборудование (сканеры) и наличием огромной базы изображений в сети интернет, применяемой для обучения и сравнения. Идентификация осуществляется либо по форме лица, либо анализируется сеть кровеносных сосудов – это более дорогостоящий метод, так как используются специальные инфракрасные видеокамеры.

Наиболее распространённым методом анализа поведенческого идентификатора является метод распознавания по голосу. Он чувствителен ко многим внешним факторам, которые влияют на надёжность – это внешние шумы, разговор другого человека и прочее. Также человеческий голос подвержен изменению в связи с эмоциональными переживаниями или состоянием здоровья, которое влияет на органы речи. Метод распознавания человека по почерку или по его подписи также популярен и используется при анализе рукописных документов.

Для оценки качества биометрического распознавания используют ряд статистических характеристик, основными из которых являются следующие показатели [2]:

- FAR (False Acceptance Rate) – коэффициент ложного пропуска, т.е. процент возникновения ситуаций, когда система разрешает доступ пользователю, незарегистрированному в системе;

- FRR (False Rejection Rate) – коэффициент ложного отказа, вероятность отказа доступа лицу, имеющему допуск.

В табл. 2 приведены значения этих показателей для некоторых методов биометрической идентификации.

Таблица 2

Значения статистических характеристик

Биометрические параметры	FAR, %	FRR, %
Отпечаток пальца	0,001	0,6
Распознавание лица 2D	0,1	2,5
Распознавание лица 3D	0,0005	0,1
Радужная оболочка глаза	0,00001	0,016
Сетчатка глаза	0,0001	0,4
Рисунок вен	0,0008	0,01

В связи с тем, что многие динамические и статические методы распознавания уязвимы, задача совершенствования методов биометрической идентификация является актуальной [2].

Предлагается повысить надежность методов путем применения многоступенчатой идентификации, которая реализуется в несколько этапов и предполагает использование нескольких идентификационных признаков: динамических и статических [3]. Причем процесс разбивается на несколько этапов и стадий.

В табл. 3 показана структура процесса идентификации на основе анализа положения ключевых точек тела человека в пространстве и времени (например фаланг пальцев или уголков рта) при выполнении каких либо жестов или артикуляции. Далее проводится параметрическая идентификация динамических моделей, описывающих поведение ключевых точек. На последнем этапе проводится оценка близости оценок параметров и выбор претендентов моделей и параметров, наилучшим образом характеризующих поведение ключевых точек. Этот результат первой стадии необходим для уточнения статических характеристик по ограниченному банку образцов. После выбора претендентов осуществляется оценка статистических параметров и принятие решения о результате идентификации.

Данный подход обеспечивает взаимную компенсацию недостатков динамических и статических методов и усиление их преимуществ. Кроме того

достигается повышение производительность процесса за счет уменьшения количества сравнений с банком образцов.

Таблица 3

Процесс многоступенчатой комбинированной биометрической идентификации

Многоступенчатая идентификация	Стадия 1 Базовый набор параметров	Стадия 2 Уточняющий набор параметров	Стадия 3 Результат идентификации
Этап I	Динамические процессы: изменение положения точки в пространстве и времени	Поиск и сравнение с ограниченным банком образцов	Оценка статистических параметров и принятие решения
Этап II	Параметрическая идентификация в классе моделей	Выбор претендента	
Этап III	Оценка близости оценок параметров		
Этап IV	Выбор претендентов		

Список литературы

1. Афанасьев, А. А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам: учебное пособие для студентов вузов [Текст] / А. А. Афанасьев, Л. Т. Веденьев, А.А. Воронцов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2009. – 550 с.
2. Лебеденко, Ю. И. Биометрические системы безопасности [Текст] / Ю. И. Лебеденко. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. – 160 с.
3. Шаньгин, В. Ф. Защита информации в компьютерных система и сетях / В. Ф. Шаньгин. – М.: LVR Пресс, 2012. – 592 с.

В. М. Круглов, В. В. Кузнецов

РЕЛЬСОВОЕ СКРЕПЛЕНИЕ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Рассматриваются особенность скрепления APC и возможности обеспечения ширины колеи с использованием специальных жестких упоров, чередующихся с податливыми демпфирующими уголками.

В настоящее время на железных дорогах России рельсовые скрепления насчитывают большое число модификаций, приближающееся к двадцати. Практически все типы скреплений решены в варианте двухточечного прикрепления к шпале, т.е. с двух сторон рельса. Это прикрепление осуществляется на железобетонных шпалах с помощью дюбелей, забетонированных в тело шпалы, и вкручивающихся в них шурупов либо с помощью болтов, пронизывающих тело шпалы насквозь.

И в том и другом случаях в теле шпалы в районе отверстия возникает концентрация напряжений, превышающих средние напряжения в бетоне шпал в несколько раз, что приводит к образованию трещин и выходу конструкции из строя.

Вторым негативным моментом в месте прикрепления болта или шурупа является интенсивная ползучесть бетона – свойство, характерное практически для всех строительных материалов, приводящее к снижению усилия затяжки крепежных деталей, что требует их смазки и подтяжки в течение года по нормативам содержания не менее двух раз.

Указанные причины, а также ряд некоторых других, характерных для эксплуатации, приводят к резкому увеличению эксплуатационных расходов, а также к снижению жизненного ресурса шпального основания.

Среди рельсовых скреплений железных дорог разных типов система анкерного рельсошпального скрепления (АРС) занимает особое место.

Основной его особенностью является замоналиченный в шпалу анкер, выполненный в виде рамы (рис. 1). Таким образом, шпала и анкер являются единой конструкцией. В такой системе (шпала – анкер) нет концентраторов напряжений в отличие от других систем рельсовых скреплений, что

предполагает эффективную работу конструкции в течение 50 лет. Такое крепление является одноточечным. Поперечные удары колес подвижного состава гасятся в раме.

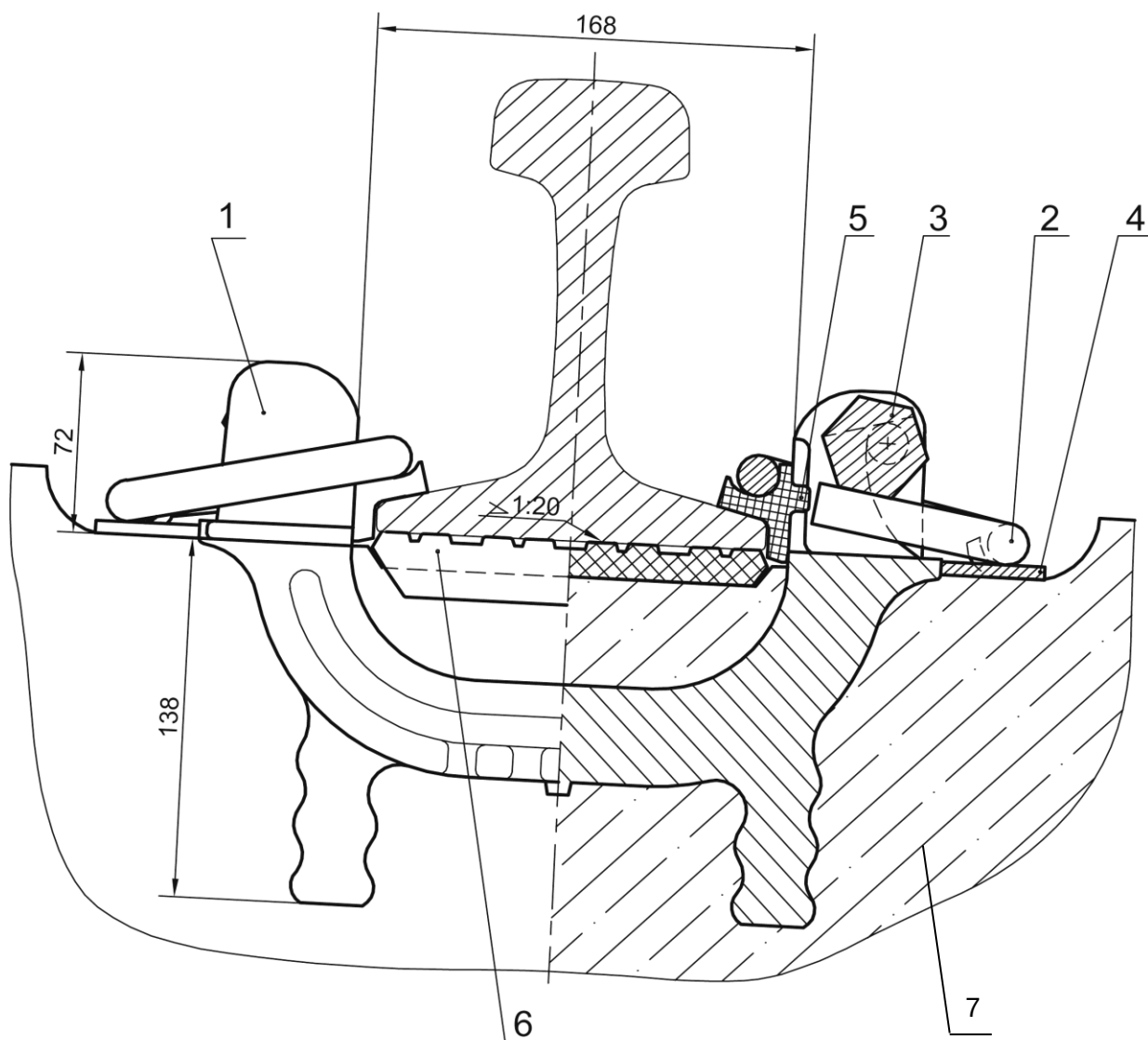


Рис. 1. Конструкция анкерного бесподкладочного промежуточного рельсового крепления АРС: 1 – анкер рамного типа; 2 – клемма; 3 – монорегулятор (на третьей позиции); 4 – подклеммник; 5 – демпфирующий уголок; 6 – подрельсовая прокладка; 7 – тело шпалы

Другой особенностью АРС является отсутствие болтовых элементов. Регулировка прижатия клеммы к подошве рельса обеспечивается монорегулятором – эксцентриком. Такое решение позволяет четко прижимать клеммы на каждой шпале с одинаковой силой ≈ 20 кН на узел крепления, что, по сути, обеспечивает отсутствие угона пути. Для элементов крепления нет

необходимости в периодической смазке или подтягивании. По этой причине скрепление эффективно работает на участках с высокой запесоченностью.

В отличие от других типов скреплений АРС дает возможность регулировать ширину колеи в кривых регулировочными изоляторами. Кроме того, имеется возможность регулировки рельса по высоте до 25 мм.

Полигонные испытания АРС проводились на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа с 2003 по 2012 г. в кривых радиусами 352 и 400 м и на прямых участках. Масса подвижного состава составляет ~10000 т, осевая нагрузка 27 т (при этом 10% вагонов имели нагрузку 30 т/ось). Установленная скорость движения 70 км/ч. Шпалы с анкерами первого поколения в процессе испытаний пропустили тоннаж порядка 2,1 млрд т бр.

За это время МИИТом проведены усовершенствования съемных элементов, что позволило оценить их жизненный ресурс. В частности, ресурс уголков-изоляторов по данным испытаний оценивался более 700 млн/т бр. на прямых участках и более 350 млн/т бр. – в кривых радиусом более 350 м.

В феврале 2005 г. государственным учреждением «Регистр сертификации на железнодорожном транспорте» на рельсовое скрепление АРС был выдан сертификат соответствия.

В настоящее время железнодорожный путь со скреплениями АРС уложен более чем на 18 тыс. км четырнадцати железных дорог России и Монголии. АРС эксплуатируется на участках с грузонапряженностью до 169 млн т бр. в год и массой подвижного состава до 12 тыс. т. Минимальный радиус кривых ≈ 270 м.

За время эксплуатации скрепления типа АРС неоднократно проводилась модернизация различных его элементов и расширялись допустимые сферы применения. Последний нормативный документ, утвержденный в декабре 2013 г. в ОАО «РЖД», снимает все ограничения по сферам применения этого скрепления, в том числе для тяжеловесного движения. Учитывая, что при высокоскоростном движении нагрузки значительно меньше, чем при тяжеловесном, разработан специальный облегченный анкер и проведены все необходимые испытания.

Конструкция «шпала – анкер» показала высокую надежность в работе и возможность длительного жизненного цикла, который может быть, по нашему мнению, доведен до уровня пропуска тоннажа 5 млрд т бр.

В реальных условиях эксплуатации можно сослаться на опыт дальнейшего использования Московской ж.д. арсовской шпалы с анкером после наработки более 1,3 млрд т бр. (смена рельсов, прокладок и уголков-изоляторов после пропуска 800 млн т бр.).

Наиболее слабым местом, с точки зрения износа, является демпфирующий уголок. И хотя на сегодняшний день его гарантийный срок службы составляет 700 млн т бр. на прямой, в то же время в кривых радиусом 300 м износ достаточно велик.

Одной из главных причин является возвышение наружного рельса в кривых, которое установлено из расчета скоростей пассажирского подвижного состава.

Скорости грузового подвижного состава значительно ниже пассажирского. И за счет этого он скатывается на внутреннюю нитку рельса и катится по ней большим диаметром колеса колесной пары, а по наружному рельсу – меньшим диаметром. Происходит набегание наружного колеса и подрезка наружного рельса, что резко увеличивает давление на уголки с наружных сторон рельсовых ниток и способствует их быстрому износу. И как следствие – происходит уширение рельсовой колеи.

Второй причиной повышенного износа уголков является нарушение укладки шпал в кривой. Если даже одна шпала уложена в кривой не по «наугольнику», т.е. не ортогонально к оси пути, происходит перекос уголка и неравномерное его сжатие с последующим интенсивным износом. При выходе из нормальной работы одного уголка между рядом установленных в соседних шпалах уголков увеличивается усилие передаваемых на них боковых сил, что, по сути, провоцирует цепную реакцию более интенсивного износа уголков.

Изменение ширины рельсовой колеи в неконтролируемых допусках вызвано фактом интенсивного износа в кривых малого радиуса ($R \leq 600$ м) демпфирующих уголков, расположенных с наружных сторон рельсовых нитей.

Для того чтобы уменьшить их износ, предлагается в сочетании с обычными уголками применять уголки повышенной жесткости (уголки с высоким модулем упругости, примерно на порядок выше обычных демпфирующих уголков).

Применение уголков повышенной жесткости позволит передавать большую часть боковых сил через них, уменьшая, таким образом, усилия,

воспринимаемые уголками с низким модулем упругости. Так как через жесткий уголок увеличенное усилие передается на анкер, то необходимо оценить его сопротивление и надежную работу в составе рельсового скрепления.

Математические модели работы рельсовой колеи в составе рельсошпальной решетки АРС выбраны для кривых радиусами от 250 м до 650 м с шагом 50 м. Укладка шпал по эпюре 2000 штук на один километр. Расчеты также проводились для прямых участков железнодорожного пути при эпюре 1840 шпал на один километр.

Расположение жестких уголков по наружным сторонам рельсовых нитей рассматривалось для всего семейства кривых в различных сочетаниях с демпфирующими уголками в вариантах через две, три, четыре, пять шпал.

На прямых участках оценивалась работа резиновых прокладок под шпалой.

Боковое давление на рельс принималось в предельных значениях от вертикального давления на ось тележек локомотивов (40% от вертикального давления на ось).

В основу расчетов для определения бокового давления на уголки был положен метод строительной механики построения линий влияния опорных реакций в статически неопределимых системах от передачи горизонтальной единичной силы при поперечной жесткости рельса R65.

На рис. 2 в качестве графического примера показана линейная развертка линий влияния участка кривой $R = 350$ м между двумя шпалами, на которых установлены уголки повышенной жесткости с различным числом шпал, на которых установлены демпфирующие уголки обычной жесткости.

Линии влияния приведены для всех точек, воспринимающих боковое давление.

Загружение линий влияния осуществлялось тележками локомотивов ВЛ-80, ВЛ-85, «Ермак», ЧС-7 с целью определения максимальных усилий, воспринимаемых демпфирующими элементами и уголками повышенной жесткости для дальнейшей оценки работы анкеров скрепления.

Детальный числовой анализ линий влияния и их обработки позволил оценить разброс усилий, передаваемых через жесткие и податливые опоры.

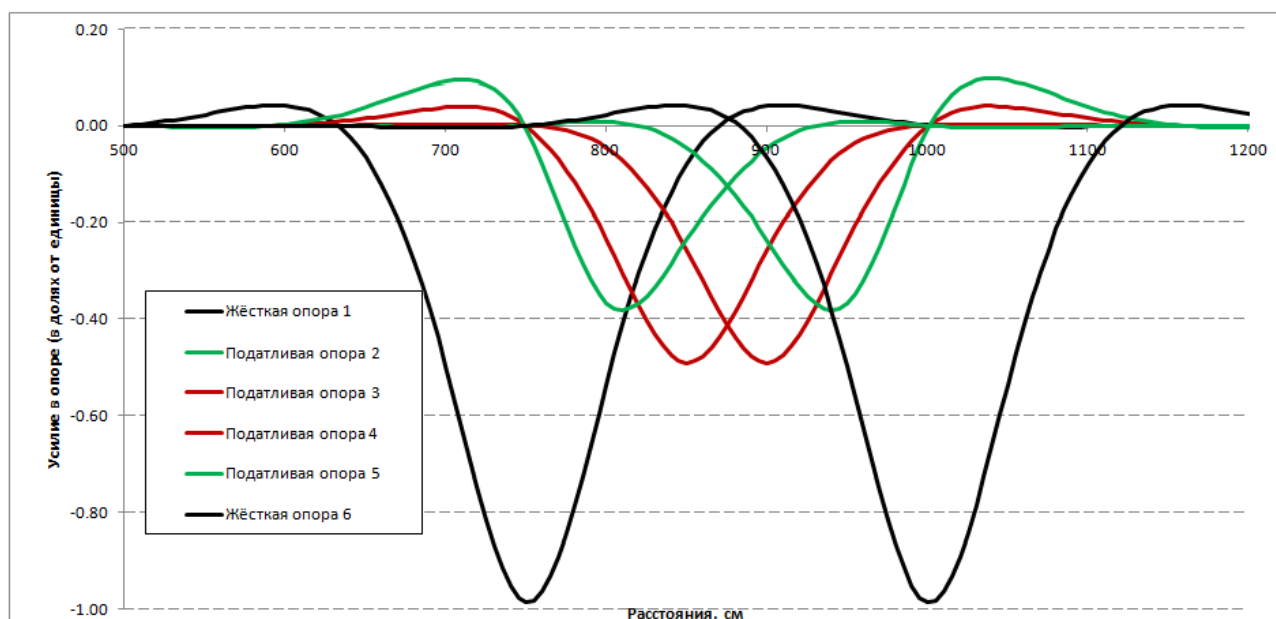


Рис. 2. Линии влияния для двух жестких опор и четырех податливых между ними. Радиус кривой 350 м

В таблице приведены максимальные значения ординат линий влияния в относительных величинах для кривой радиусом 350 м.

Таблица 1

На прямой			
Номер опоры	Жесткая опора через три шпалы	Жесткая опора через четыре шпалы	Жесткая опора через пять шпал
A1=	1	1	1
A2=	0,38	0,38	0,38
A3=	0,49	0,49	0,49
A4=	0,38	0,49	0,50
A5=	1	0,38	0,49
A6=	0,38	1	0,38
A7=	0,49	0,38	1

Значение «1» соответствует жестким опорам, а числа меньше единицы – податливым. Такие оценки проведены для всего семейства кривых в диапазоне 250-650 м.

Проведенный анализ материалов теоретических исследований показал, что при этом достигается уменьшение горизонтальной нагрузки на обычные

уголки практически в два-три раза. Это в целом увеличивает их жизненный цикл, т.е. увеличивается и их износостойкость. Жесткие уголки имеют практически неограниченный ресурс.

Для оценки и проверки теоретических исследований в ПЧ-18 Московской железной дороги в июне 2016 г. заложен опытный участок в кривой радиусом 590 м с использованием элементов комбинированной жесткости для стабилизации ширины рельсовой колеи. Опыт эксплуатации кривой более года в режиме пропуска тоннажа более 125 млн т бр. показал хорошие результаты (рис. 3).

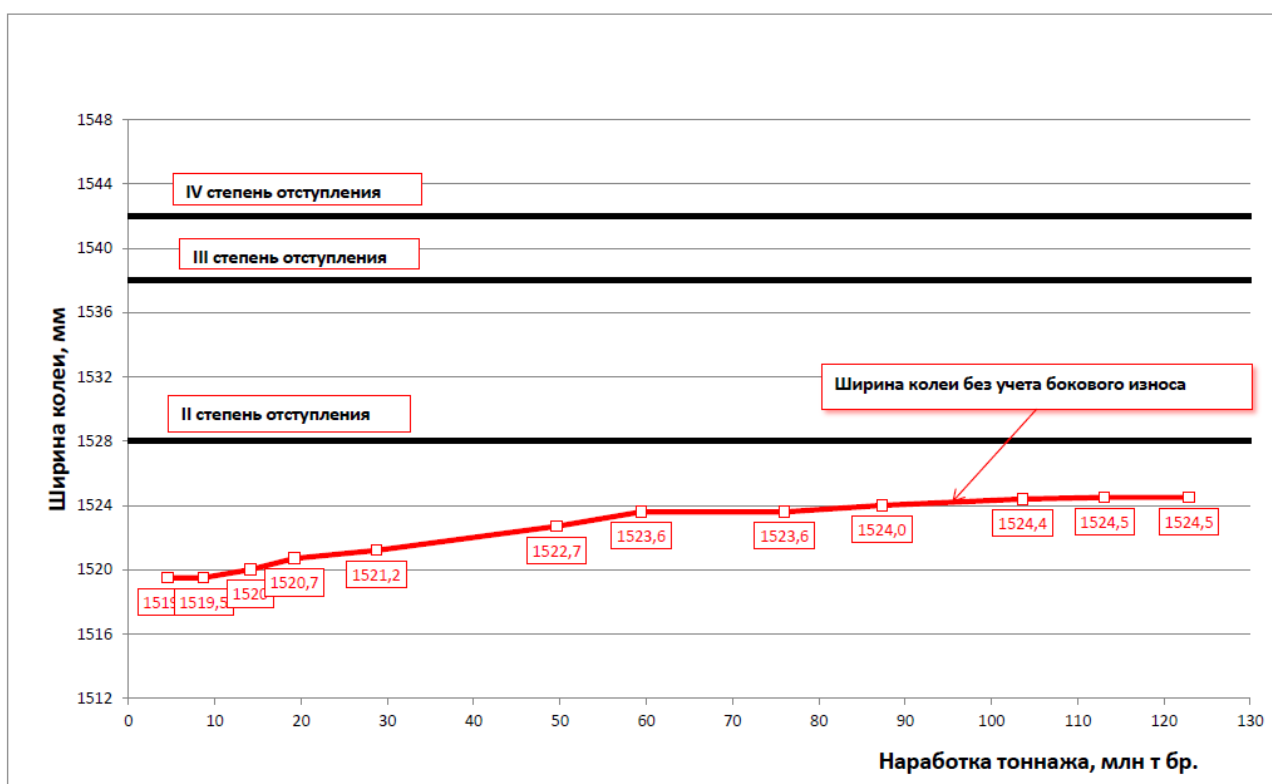


Рис. 3. Изменение средней ширины колеи в кривой R-590 м в зависимости от наработки тоннажа при использовании метода комбинированной жесткости

Среднесетевые эксплуатационные расходы на содержание и замену отдельных деталей скрепления APC, по нашему мнению, наиболее низкие. Особенно учитывая повторное использование шпал после пропуска более 1,3 млрд т бр. (Московская ж.д.).

В значительной мере производительность труда при монтаже и демонтаже APC можно повысить внедрением механизированных технологий.

Так, Российские предприятия уже разработали ряд установок для монтажа и демонтажа креплений АРС. В октябре этого года предполагается получить окончательные результаты по их эффективной работе.

Еще один важный вопрос касается качества выполненных работ на линейных предприятиях РЖД, а второй – качества изделий, поставляемых на дороги.

Качество эксплуатационных работ обеспечивают монтеры путевых бригад. Не секрет, что на некоторых дистанциях пути наблюдается низкий уровень подготовки персонала, зачастую отсутствуют обучение и предварительное ознакомление монтеров пути с монтажом и эксплуатацией АРС.

Что касается качества элементов конструкции АРС, поставляемых на дороги, то практически для всех элементов учеными МИИТа ведется жесткий контроль. Однако из поля зрения выпадают железобетонные шпалы, выпускаемые разными заводами, в связи с многокомпонентностью их технологии изготовления.

Многокомпонентность определяется разными инертными материалами, лещадностью, связующими, режимами пропаривания, которые не обеспечивают однородности изделий, что приводит к их различному жизненному циклу, зависящему не столько от обрабатываемых нагрузок, сколько иногда в большей степени от воздействия природной среды.

Решение этих проблем мы видим в тесном взаимодействии с заводами по производству шпал.

МИИТом в целом по различным дорогам РЖД ведутся наблюдения на 37 участках, в том числе на восьми участках с радиусами менее 350 м, с руководящими уклонами более 15‰ – на пяти участках, с грузонапряженностью 50-120 млн т бр./г. – на восемнадцати участках, а более 120 млн т бр./год – на семи участках, с годовыми амплитудами температур рельсов более 110°C – на семи участках, в том числе в суровых климатических условиях Сибири.

Заключение

Первые опытные шпалы со креплением АРС начали укладывать с начала 90-х годов и на сегодня их уложено более 18 тыс. км.

За эти годы АРС зарекомендовало себя как надежное и в высокой степени безопасное крепление с гарантированным ресурсом производителями этих элементов более 700 млн т. бр.

Повторное использование шпал со креплением АРС при новом виде ремонта со сплошной сменой рельсов на старогодных шпалах говорит о его длительном жизненном цикле в отличие от шпал с другими типами креплений. Если это учитывать в ценовом измерении и раскладывать сегодняшнюю цену арсовской шпалы на три-четыре срока ее использования, то совершенно очевидно, что такая конструкция является весьма экономичной и позволяет резко снизить эксплуатационные затраты на содержание пути. Для гарантированной долговечности железобетонных шпал целесообразно увеличить марку бетона по водонепроницаемости до W6, а по морозостойкости – до F300.

Для успешной работы путейцев с данным креплением целесообразно проводить их обучение и повышение квалификации на местах.

УДК 624:669:004:656:2

А. В. Саврухин

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕТИКИ СТРУКТУРНЫХ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СТАЛИ

Приведены основные положения разработанной методики определения параметров термической обработки элементов машиностроительных конструкций на основе компьютерного моделирования кинетики структурных и фазовых превращений в стали. Представлены результаты компьютерного моделирования образования мартенсита в стали 20 ГЛ с содержанием кремния 0,42 и 0,53% с учетом различной интенсивности охлаждения. Компьютерное моделирование проведено на основе разработанной методики, включающей диаграмму распада аустенита с учетом различных скоростей охлаждения. На основе полученных расчетных данных сделано заключение о влиянии содержания кремния и интенсивности охлаждения на распространение структуры мартенсита по сечению стенки.

Обеспечение необходимых физико-механических свойств элементов машиностроительных конструкций является неременным условием

обеспечения надежности и безопасности в эксплуатации. Завершающим этапом производства большего числа элементов металлоконструкций является термическая обработка, поэтому контроль и управление этим процессом определяет совокупность потребительских свойств и качества изделия.

Компьютерное моделирование кинетики тепловых процессов является эффективным инструментом определения оптимальных режимов термической обработки, что позволяет проводить анализ нестационарных процессов структурных и фазовых превращений, обеспечивает возможность учета не только изменения свойств в отдельных зонах в зависимости от температуры, но и кинетики теплосодержания системы с учетом протекания фазовых превращений.

Изменение теплового состояния системы в результате реализации технологических процессов термической обработки может сопровождаться изменением фазового и структурного состава. Характер протекания структурно-фазовых превращений определяется направлением изменения теплосодержания системы (нагрев, охлаждение), значениями температур и скоростями охлаждения в критическом интервале температур при охлаждении при закалке. Проведение компьютерного моделирования кинетики тепловых процессов при термической обработке обеспечивает возможность учета изменения свойств в отдельных зонах в результате протекания структурных и фазовых превращений в зависимости от температуры, что способствует получению более полной информации о конечных свойствах изделия по всему объему, позволяет проводить оценку надежности и безотказности с учетом реализуемого спектра нагрузений в эксплуатации.

При проведении закалки при термообработке окончательная микроструктура стали определяется переходом аустенита в закалочные структуры или феррито-цементитные смеси различной степени дисперсности. Тип получаемой структуры зависит от ряда факторов: химического состава стали, максимальной температуры нагрева до момента начала охлаждения, скорости охлаждения в интервале критических температур и фактической минимальной температуры охлаждения. Химический состав стали определяет спектр критических скоростей охлаждения и интервалы температур начала и окончания соответствующих структурно-фазовых превращений. Максимальная температура нагрева стали до момента начала охлаждения определяет степень

завершенности формирования однородной структуры аустенита. Скорости охлаждения аустенита в интервале температур его наименьшей устойчивости определяют характер превращений аустенита, т.е. наличие условий для формирования закалочных структур или распада аустенита на феррито-цементитные смеси различной степени дисперсности. Минимальная температура после завершения этапа охлаждения определяет степень завершенности структурно-фазовых превращений.

Решение тепловых задач в нестационарной нелинейной постановке обеспечивает возможность проведения уточненной оценки теплового и структурного состояний системы в каждый момент времени компьютерного моделирования. Решение задачи в нелинейной постановке предполагает учет кинетики теплофизических свойств в каждой точке континуума в зависимости от текущего теплового состояния, что достигается за счет использования банка данных свойств для соответствующей структурной составляющей рассматриваемой марки стали в заданном температурном диапазоне. В то же время, как отмечалось ранее, кинетика тепловых процессов в сталях может являться причиной протекания фазовых и структурных превращений на различных этапах охлаждения, связанных с перестроением кристаллической решетки и наличием диффузионных процессов. Отдельные фазовые и структурные составляющие одной и той же марки стали могут существенно отличаться по своим теплофизическим и механическим характеристикам. Использование при проведении компьютерного моделирования усредненных характеристик материала без учета кинетики фазовых и структурных превращений в соответствующих температурных диапазонах приводит к усреднению получаемых результатов, что отрицательно сказывается на их соответствии истинным процессам, протекающим в материале.

Анализ фазовых и структурных превращений в материале на этапах нагрева и охлаждения связан с необходимостью выполнения ряда условий. Во-первых, для оценки кинетики структурных превращений необходимо на этапе охлаждения использовать диаграммы распада аустенита, обеспечивающие возможность оценки кинетики структурного состава в зависимости от скорости охлаждения в интервале критических температур. Во-вторых, при закалке состояние системы характеризуется наличием зон с высоким градиентом

температур и большой разницей между максимальными и минимальными значениями температуры в ограниченных областях.

Одной из наиболее распространенных марок сталей, применяемой для изготовления элементов машиностроительных конструкций, в том числе подвижного состава, является сталь марки 20ГЛ. В Российском университете транспорта разработана методика определения параметров термической обработки элементов машиностроительных конструкций на основе компьютерного моделирования кинетики структурных и фазовых превращений в стали с учетом получения заданного комплекса свойств и оценки остаточного напряженно-деформированного состояния конечного изделия. Для проведения уточненной оценки кинетики структурного состава стали марки 20ГЛ при тепловых процессах, связанных с термической обработкой, разработана методика, основанная на использовании диаграмм распада аустенита при охлаждении стали [1].

Анализ диаграмм показал, что имеет место значительное влияние содержания кремния на критические скорости закалки и прокаливаемость для данной марки стали. Поэтому при разработке и построении моделей рассматриваются обе диаграммы, что позволяет проводить анализ структурообразования при термической обработке с учетом отклонений химического состава в заданном диапазоне.

Использование для анализа структурных превращений диаграмм распада аустенита стали, а также рассмотрение процессов с учетом незавершенности структурных превращений при охлаждении на основе использования принципа приращения структурных составляющих на текущем шаге решения является существенной новизной разработанных методик.

В качестве примера применения разработанной методики и программного обеспечения приводятся результаты компьютерного моделирования кинетики тепловых процессов и структурных превращений в изделии, изготовленном из стали марки 20ГЛ, с толщиной стенки 20 мм и содержанием кремния 0,42 и 0,53%. На рисунках 1 и 2 представлены кривые изменения процентного содержания мартенсита на расстоянии до 5 мм от охлаждаемой поверхности при охлаждении с различной интенсивностью: $\square = 0,5 \dots 4,6 \text{ Вт/см}^2 \cdot \text{°C}$. Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном влиянии содержания

кремния на содержание мартенсита в поверхностных слоях изделия после закалки.

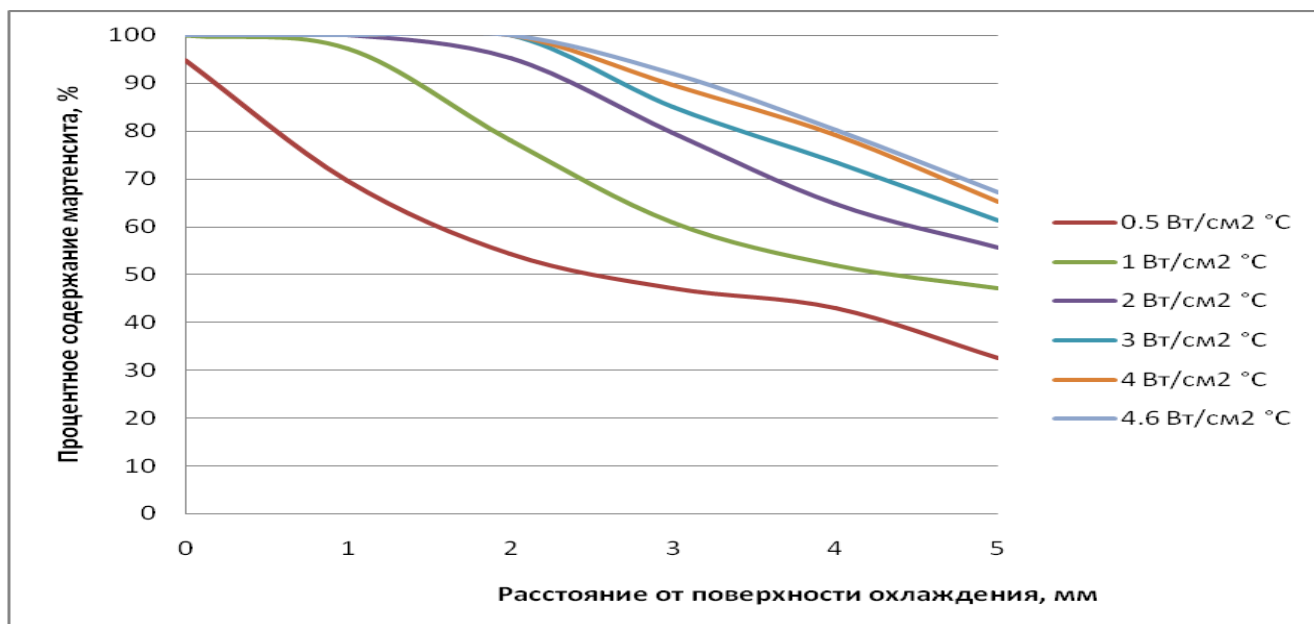


Рис. 1. Влияние интенсивности охлаждения на процентное содержание мартенсита по толщине стенки в стали с содержанием Si=0,42%

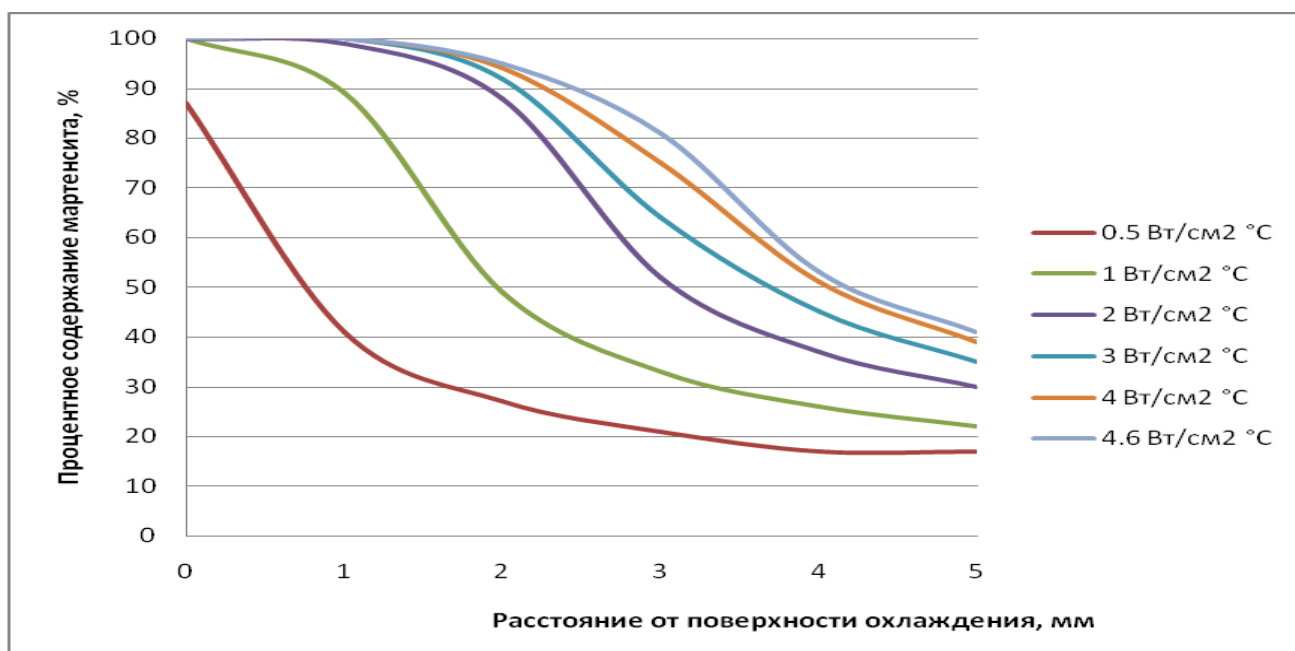


Рис. 2. Влияние интенсивности охлаждения на процентное содержание мартенсита по толщине стенки в стали с содержанием Si=0,53%

Таким образом, разработанная методика на основе результатов компьютерного моделирования кинетики тепловых процессов и структурных превращений позволяет определять параметры термической обработки с целью

получения необходимого распределения структурных составляющих и заданного комплекса свойств по всему объему изделия.

Список литературы

1. Попова, Л. Е. Диаграммы превращения аустенита в сталях и бета-растворах в сплавах титана / Л. Е. Попова, А. А. Попов. – М. : Металлургия, 1991. – 504 с.

УДК 347.191.43

О. А. Гаращук

АНАЛИЗ ПРАВОВОГО СТАТУСА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ОБЪЕКТА ГРАЖДАНСКОГО ПРАВА РОССИИ И ЕЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ДЕЙСТВУЮЩИМ ПРАВОВЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ В ЦЕЛОМ

Настоящая статья содержит анализ текущей ситуации, связанной с правовым регулированием конструкторской документации как самостоятельного объекта гражданского права. Рассмотрены основные аспекты принципов регулирования объектов промышленной собственности, а также правовые условия создания и использования конструкторской документации в результате выполнения НИОКР. Кроме того, приведены базовые положения гражданского законодательства, регулирующие правовой статус информации в целом, а изложены предложения по вопросам усовершенствования действующего законодательства в данной сфере.

Часть четвертая Гражданского кодекса Российской Федерации (ГК РФ), которая была введена в действие 1 января 2008 года [1], объединила все нормы законодательства, регулирующие особенности обращения результатов интеллектуальной деятельности, подлежащих правовой охране. Несмотря на то, что фактически в самом подходе к регулированию объектов интеллектуальной собственности мало что изменилось, как и сам перечень таких объектов, который базируется на положениях Парижской конвенции по охране промышленной собственности [2], кодификация соответствующего норматива в

национальном законодательстве, тем не менее, выявила проблемы, которые ранее были не столь очевидны.

Пункт 1 статьи 1225 ГК РФ устанавливает общий перечень результатов интеллектуальной деятельности, подлежащих правовой охране. В части промышленной собственности данная норма предусматривает защиту следующих объектов: изобретений, полезных моделей, промышленных образцов [3]. При этом в качестве изобретения охраняется техническое решение в любой области, относящееся к продукту (в частности, устройству) или способу (процессу осуществления действий над материальным объектом с помощью материальных средств), в том числе к применению продукта или способа по определенному назначению; в качестве полезной модели охраняется техническое решение, относящееся к устройству; в качестве промышленного образца охраняется решение внешнего вида изделия промышленного или кустарно-ремесленного производства. Соответственно, все остальные результаты интеллектуальной деятельности, в том числе конструкторская документация, в которой не были найдены охраноспособные объекты промышленной собственности, правовой защите не подлежат.

Конструкторская документация может быть получена по результатам договоров на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (п. 1 ст. 769 ГК РФ) [4]. Отличительной особенностью данного вида договоров от договора подряда является то, что они предусматривают наличие риска невозможности их выполнения, который по умолчанию лежит на заказчике. Иными словами, в рамках таких договоров предусматривается выполнение определенных работ по запросу заказчика, однако для них невозможно заранее предугадать, получится ли в результате их такого выполнения конкретное изобретение (полезная модель, промышленный образец) или даже какая-либо иная разработка, имеющая практическое применение. Аналогичным образом даже в случае если сами работы будут проведены успешно, исполнитель не может гарантировать патентоспособность или применимость полученного результата. Так, патентоспособность зависит, в частности, от факторов, за которые ни одна из сторон не может отвечать, для этого требуется соответствующая экспертиза только после подачи документов на регистрацию. В иных случаях, когда задача поставлена в разработке какой-либо новой технологии, может потребоваться ряд практических испытаний,

которые могут быть не пройдены или не пройдены с первого раза. Таким образом, в худшем случае результатом работ на выполнение научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских и технологических работ будет исключительно рабочая конструкторская документация.

В ряде ситуаций, в том числе в железнодорожной отрасли, характерно заключение смешанных договоров, которые предусматривают в рамках единого договора не только проектирование, но также изготовление и поставку опытно-промышленных образцов товаров. С одной стороны, такая схема взаимоотношений помогает заказчику хотя бы частично покрыть имеющийся у него риск неполучения нужного результата: исполнитель по получении заказа на выполнение разработки одновременно с заказом на изготовление опытной партии будет больше заинтересован в успешном исходе, тем более с учетом того, что финансирование, как правило, также осуществляется поэтапно. С другой стороны, практическое исполнение такого рода договора может затянуться надолго. Доказать, что исполнитель умышленно не исполнял обязанности по надлежащей проектировке, практически невозможно ввиду самой сути работ, тем не менее, получение надлежащих разрешений Ростехнадзора по итогам проведения испытаний может затянуться на долгое время [5].

Рассмотрим случай, когда в результате выполнения научно-исследовательских или опытно-конструкторских работ получен отрицательный результат. Данная ситуация может возникнуть, когда в результате работ по проектировке не были получены охраноспособные объекты промышленной собственности, в том числе, когда процедура проектировки не была доведена до конца (не устранены недостатки, не внесены необходимые изменения, доработки в силу объективных или субъективных причин). В таком случае в результате работ будет получен лишь определенный объем конструкторской документации. Тем не менее, сами документы как физические объекты представляют собой лишь материальный носитель. Основная ценность, которая обосновывает произведенные затраты на выполненные работы со стороны заказчика, заключается в содержащейся в таких документах информации. Закон отграничивает право собственности на материальный носитель, содержащий информации, от прав на саму информацию [6]. Так, пункт 1 статьи 5 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации,

информационных технологиях и о защите информации», далее – Закон о защите информации, устанавливает, что информация может являться объектом публичных, гражданских и иных правовых отношений. Тем не менее, ни один действующий нормативный акт не содержит положений, предусматривающих возможности приобретения права собственности на информацию. Применительно в рассматриваемому случаю в отношении конструкторской документации можно руководствоваться статьей 128 ГК РФ [7], которая устанавливает, что результаты работ и оказания услуг также являются объектами гражданского права, и соответственно, по аналогии к ним применяются положения гражданского законодательства в отношении права собственности. Кроме того, принимая во внимание, что статья 150 ГК РФ содержит открытый перечень объектов нематериальных благ, как вариант, возможно рассмотреть вопрос отнесения информации конкретно к данной категории объектов гражданских прав. В любом случае, соответствующая квалификация информации, в особенности, имеющей отношение к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, содержащаяся в конструкторской документации, должна учитывать ее особые свойства.

Во-первых, любая информация не имеет материально выраженной формы, в связи с чем необходимо четко различать права на саму информацию от прав на ее материальных носитель. Это отличие основное и наиболее значимое, которое определяет все дальнейшие характеристики информации как объекта гражданских правоотношений. Будучи отнесенной к категории результатов работ или оказания услуг по соответствующему договору необходимо учитывать, что по факту информация, содержащаяся в конструкторской документации, представляет собой лишь побочный продукт выполнения договора, но не является его предметом. Так, при составлении технического задания на выполнение работ по проектированию и созданию новой конструкции и изготовлению опытных образцов демпферов гидравлических рельсового подвижного состава для установки в систему центрального подвешивания ожидаемым результатом работ является модернизированная научно-техническая продукция, но не сама информация, которая была получена в связи с выполнением таких работ [8]. Одновременно с этим, не предоставить правовую защиту конструкторской документации может быть непредусмотрительно. В процессе выполнения проектных работ могут

создаваться новые объекты интеллектуальной собственности [9]. Вопрос признания предусмотренных законом интеллектуальных прав за объектами промышленной собственности, а соответственно, установление для них особого статуса как «подлежащих правовой охране» объектов во многом не зависит от разумного контроля сторон. Учитывая то, что проектирование зачастую представляет собой сложный процесс, предусматривающий многоэтапность выполнения и приемки самих работ, из разноплановость, не исключено, что на каком-то этапе, к примеру, конкретный исполнитель не сможет доработать результаты до нужного объекта в силу не зависящих от него причин, они не пройдут соответствующие испытания, не получат заключения уполномоченного органа о допуске к обороту. При этом те же самые результаты могут быть переданы другому исполнителю (подрядчику), который доведет их до нужного уровня и соответствия требованиям, при этом не понеся основные временные и ресурсные затраты. И в данной ситуации именно полученная информация из конструкторской документации в результате проведенных первым исполнителем (подрядчиком) работ будет тем источником, тем существенным условием и фактором выполнения работ вторым исполнителем (подрядчиком), без которого последний не сможет достичь нужного результата.

Во-вторых, качественная характеристика информации напрямую зависит от наличия в ней таких свойств, как полнота, достоверность, актуальность (основные). В случае если в отношении информации не соблюдается какой-либо критерий, можно сказать, что такая информация отсутствует. Таким образом, скажем, в случае если субъект обладает какой-либо информацией и соответствующими правами на нее из конструкторской документации, однако по прошествии времени такая информация устарела (применительно к избранной нами теме, к примеру, соответствующая документация более не используется ввиду внедрения более новых технологических решений), такая информация как объект гражданского права автоматически исчезает. Ее владелец утрачивает соответствующие права собственности на нее без права получения какой-либо компенсации. Ежедневно сотни конструкторских бюро и иных аналогичных структур производят огромные объемы конструкторской документации по совершенно различным видам работ, и не вызывает вопроса то, что научно-технический прогресс может развиваться исключительно путем

замещения ранее выведенных решений более новыми и модернизированными, при этом правообладатели более новых технологий, их разработчики, не обязаны компенсировать убытки разработчикам предыдущих, которые, безусловно, терпят убытки ввиду отказа от их использования. Также выделяют второстепенные свойства информации: понятность, объективность, полезность. Ввиду того, что они являются относительными и зависят от пользователя информации, его уровня осведомленности, образованности, а также поставленных им целей можно говорить о том, что при несоблюдении данных условий информация не является качественной конкретно для данного лица.

В-третьих, оборот информации предусматривает особый объем полномочий, которыми могут обладать ее правообладатели. Так, пункт 3 статьи 5 Закона о защите информации содержит классификацию информации в зависимости от порядка ее предоставления и распространения. Фактически такой порядок определяет объем конкретных прав, которые могут предоставлены одним лицом (обладателем информации) другому лицу – получателю такой информации. Как только факт передачи информации состоялся, фактических обладателей одной и той же информации становится несколько. Значит ли это, что и право собственности на информацию возникает сразу у нескольких лиц? К примеру, как только заказчик передал полученную конструкторскую документацию новому исполнителю (подрядчику), значит ли это, что он также приобрел на нее право собственности? Какие правовые последствия несет данный факт? К примеру, будет ли рассматриваться в данной ситуации, что второй исполнитель (подрядчик) выполняет работы своими силами (средствами, материалами), что соответствующим образом может влиять на ценообразование конечного результата работ? Скорее всего, ответ все же отрицательный. Даже в случае если первоначальный правообладатель передает получателю те же права на конструкторскую документацию, которыми располагает и он сам, целесообразно рассматривать если не фактическое, то хотя бы юридическое старшинство в правовых титулах, и соответственно, в порядке реализации прав обладателя такой информации. В случае если конструкторская документация была передана заказчиком новому исполнителю (подрядчику) для проведения дополнительных завершающих работ, разумно предположить, что заказчик имеет больший приоритет и свободу выбора в реализации полномочий по распоряжению полученной из нее

информацией, так как он непосредственным образом оплатил ее создание, а новый исполнитель (подрядчик), наоборот, только извлекает свою выгоду, создавая на ее базе собственную добавочную стоимость за счет того же заказчика. Безусловно, данные положения не касаются информации, доступ к которой не может быть ограничен в соответствии с пунктом 4 статьи 8 Закона о защите информации.

Принимая во внимание изложенное, можно сделать следующие выводы:

- действующее российское законодательство не содержит полноценного регулирования вопроса правового статуса информации в целом как объекта гражданского права, и информации, содержащейся в конструкторской документации;

- конструкторская документации представляет собой сложной правовой объект, который состоит из материального носителя, а также собственно информации, полученной в ходе выполнения работ;

- конструкторская документация не подлежит правовой защите как объект промышленной собственности, если она не содержит охраноспособных объектов (изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, ноу-хау);

- в результате изложенного, российское гражданское законодательство требует дополнение положениями, которые бы четко устанавливали статус конструкторской документации как объекта гражданского права с учетом ее особенностей;

- конструкторская документация является сопутствующим результатом работ, но обязательным условием надлежащего исполнения договоров на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, ввиду чего законодательство должно быть дополнено соответствующими положениями, предусматривающими дополнительные права заказчика в части полномочий по распоряжению соответствующей информацией и содержащими ее материальными носителями.

Список литературы

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть четвертая) от 18.12.2006 N 230-ФЗ (ред. от 03.07.2016, с изм. от 13.12.2016, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

2. Конвенция по охране промышленной собственности (заключена в Париже 20.03.1883) (ред. от 02.10.1979). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

3. Приказ ГКНТ РФ от 29.01.1997 № 13 «О распределении интеллектуальной собственности в договорах на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и в договорах о совместной научно-технической деятельности, заключаемых между российскими и иностранными организациями». Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

4. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть вторая) от 26.01.1996 № 14-ФЗ (ред. от 28.03.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

5. Постановление Арбитражного суда Восточно-Сибирского округа от 26.09.2014 по делу № А33-10070/2012. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

6. Федеральный закон от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» (ред. от 18.06.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

7. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 №51-ФЗ (ред. от 28.03.2017, с изм. от 22.06.2017). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

8. Постановление ФАС Московского округа от 27.12.2000 № КГ-А40/5904-00 Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

9. Обзор судебной практики по делам, связанным с разрешением споров о защите интеллектуальных прав, утв. Президиумом Верховного Суда РФ 23.09.2015. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.09.2017).

П. Ю. Иванов, Н. И. Мануилов, Е. Ю. Дульский, А. М. Худоногов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРА КРАНА МАШИНИСТА УСЛ. № 395

В статье рассмотрены экспериментальные исследование процесса снижения давления в уравнительном резервуаре (УР) и в уравнительной камере (УК) крана машиниста усл. № 395 во время ликвидации сверхзарядного давления. Проанализирована конструкция и работа стабилизатора крана машиниста во II – м положении ручки крана машиниста усл. № 395. Сформулирована проблема срабатываний автотормозов в результате перезарядки тормозной сети поезда. Осуществлено экспериментальное получение кривой снижения давления в уравнительном резервуаре и в уравнительной камере краном машиниста усл. № 395 оборудованным штатным стабилизатором. Получены графики снижения давления в уравнительном резервуаре и уравнительной камере при различной регулировке стабилизатора крана машиниста усл. № 395. Выявлены недостатки стабилизатора крана машиниста усл. № 395, позволяющие проводить дальнейшую модернизацию устройства, с целью решения задачи повышения управляемости тормозной системы, связанные с человеческим фактором во время зарядки и отпуска тормозов подвижного состава.

Лидирующее положение железных дорог в сравнении с другими видами транспорта определяется их возможностью осуществлять круглогодичное регулярное движение, перевозить основную часть грузов и обеспечивать мобильность трудовых ресурсов.

Для успешной реализации этих функций первостепенное значение имеет обеспечение пропускной и провозной способности железных дорог и безопасности движения – важнейших основ бесперебойной работы транспорта.

Автотормоза подвижного состава должны обладать высокой надежностью, безотказно функционировать, а также обеспечивать возможность применения различных режимов управления тормозами в зависимости от загрузки вагонов, длины состава и профиля пути [1-5].

В процессе ведения поезда и управления автотормозами краном машиниста, после выполнения отпуска тормозов с завышением давления в тормозной магистрали и при поездном положении крана машиниста создаётся необходимость ликвидации сверхзарядного давления в тормозной магистрали

темпом мягкости. Если не производить ликвидацию сверхзарядного давления, произойдет повторное срабатывание воздухораспределителей на торможение и, как следствие, остановка поезда на перегоне. Если сверхзарядное давление ликвидировать слишком быстро, то воздухораспределители вагонов сработают на торможение. Если выпускать слишком медленно, то увеличится время подготовки к следующему торможению. Поэтому снижать давление необходимо постоянным темпом, указанным в инструкции по эксплуатации тормозов [6].

Для ликвидации сверхзарядного давления установлен стабилизатор крана машиниста.

Одним из основных нарушений технологического процесса управления тормозами подвижного состава железных дорог, связанных с человеческим фактором, является перезарядка тормозной магистрали передержкой ручки крана машиниста в первом положении в процессе зарядки и отпуска. Это нарушение приводит к срабатыванию тормозов при ликвидации сверхзарядного давления.

Для того чтобы устранить данную ошибку машинисту необходимо осуществить отпуск тормозов после перезарядки, выполнив трудоемкую операцию по ручному сбросу воздуха из рабочей камеры через главную часть и атмосферный клапан воздухораспределителя каждого вагона состава поезда.

Однако встает вопрос почему происходит срабатывание тормозов, в то время как стабилизатор обеспечивает ликвидацию давления из уравнительного резервуара темпом мягкости. В связи с этим были проведены исследования и получены выводы представленные ниже. Из полученных материалов возникла задача изменения характеристик штатного стабилизатора.

Данную задачу можно решить за счёт модернизации стабилизатора крана машиниста, обеспечив при этом высокий уровень надежности и отлаженного функционирования.

При возникновении перезарядки тормозной магистрали, для ее ликвидации, стабилизатор крана машиниста усл. № 395 выпускает воздух из уравнительного резервуара темпом мягкости, который равен 0,02 МПа за время от 80 до 120 с. Если давление в тормозной магистрали падает темпом мягкости, то избыточное давление из рабочей камеры ликвидируется через стандартный контур ликвидации сверхзарядного давления, т.е. дроссельное отверстие

главной части и клапан мягкости магистральной части воздухораспределителя усл. №483. В этом случае, ликвидация успеваеет перетекать без срабатывания тормозов. При перезарядке выше 0,06 МПа происходит срабатывание тормозов. В связи с этим была проанализирована конструкция и работа стабилизатора крана машиниста условный номер № 395 (Рис. 1).

Полость над уравнильным поршнем крана машиниста через отверстие диаметром 0,45 мм сообщается с атмосферой при постоянном давлении в полости над мембраной (около 0,3-0,35 МПа), установленном пружиной стабилизатора. При этом происходит понижение давления в полости над уравнильным поршнем крана машиниста и уравнильном резервуаре темпом 0,02 МПа за 80-120 сек [6].

Стабилизатор крепится к корпусу нижней части крана. Состоит из корпуса 7 с запрессованной втулкой 4, гайки 9, крышки 1 и клапана 3, прижимаемого к седлу пружиной 2. В корпус 7 запрессован ниппель 5 с дроссельным отверстием диаметром 0,45 мм. Снизу на мембрану 6 диаметром 55 мм через упорную шайбу 8 действует пружина 10, регулируемая стаканом 11 с контргайкой 12 [7-8].

Рассмотрим работу стабилизатора во II положении (поездное). Ручка КРМ находится в I положении, пока давление в УР не станет на 0,3- 0,7 выше зарядного. При этом давление в УК равно давлению в ГР.

Давление в ТМ короткого поезда на много выше зарядного потому как:

- при постановке ручки из I во II зарядка УК прекращается, так как золотник перекрыл отверстие диаметром 5 мм из золотниковой камеры (ЗК) в УК. Клапан редуктора закрывается так как воздух из УР давлением 0,3-0,7 выше зарядного поступает в камеру, а пружина редуктора отрегулирована на зарядное давление поэтому его диафрагма прогибается в низ и клапан закрывается;

- давление из УК (0,1 литра) через отверстие диаметром 1,6 мм перетекает в УР (20 литров). Поэтому давление в УК понижается с давления ГР до давления в УР.

Давление в ТМ короткого поезда под уравнильным поршнем выше зарядного. Поэтому уравнильный поршень поднимается вверх. Воздух из ТМ выходит в атмосферу (Ат). Как только давление под уравнильным поршнем станет меньше чем в УК, тогда поршень опустится, и атмосферная притирка

закроется. ВР на торможение не срабатывает, так как не успели зарядиться до сверхзарядного давления. Далее будет происходить ликвидация сверхзарядного давления из УК, УР и ТМ при помощи стабилизатора.

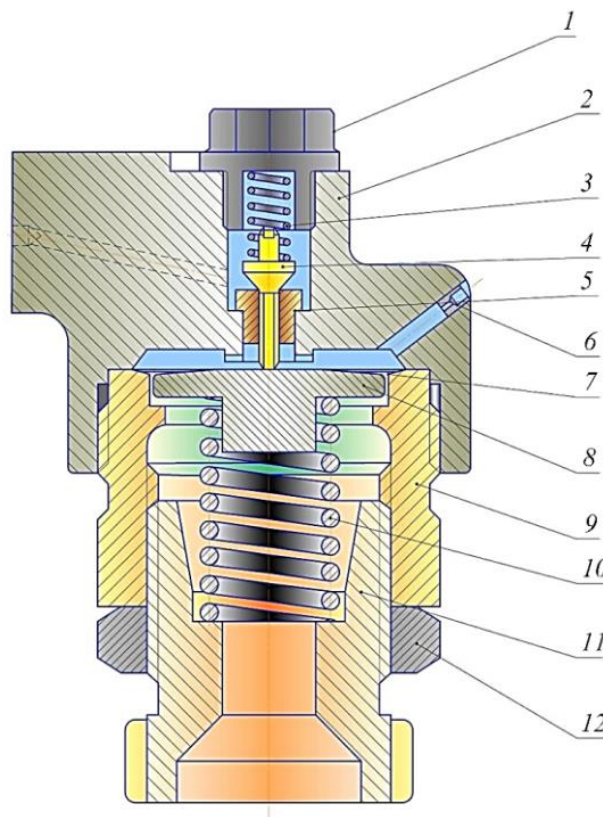


Рис. 1. Стабилизатор крана машиниста: 1 – крышка (упорка-заглушка); 2 – пружина клапана; 3 – возбуждательный клапан; 4 – втулка клапана; 5 – ниппель с дроссельным отверстием; 6 – мембрана; 7 – корпус; 8 – упорная шайба; 9 – гайка (корпус); 10 – пружина упорной шайбы; 11 – регулировочный стакан (упорка регулировочная); 12 – контргайка.

В длинном поезде процессы производятся те же, что в коротком поезде только после перетекания воздуха из УК и УР уравнильный поршень остаётся в нижнем положении, так как давление в тормозной магистрали ТМ (под поршнем) меньше чем в УК (над поршнем). Впускной клапан остается открытым, зарядка тормозной магистрали продолжается.

Под действием пружины мембрана стабилизатора прогнута вверх, клапан стабилизатора открыт и воздух из УК, УР поступает над мембраной стабилизатора. Когда давление над мембраной сравнивается с усилием пружины, тогда клапан стабилизатора закроется. Давление над мембраной зависит от

давления пружины. При большем давлении через отверстие диаметром 45 мм выйдет больше воздуха, а при меньшем давлении, меньше воздуха. Изменяя усилие затяжки пружины стабилизатора можно регулировать скорость выпуска воздуха из УК и УР в АТ. Во время ликвидации сверхзарядного давления клапан редуктора остается закрытым [8].

Пружинно - диафрагменное устройство служит для приведения экспоненциальной кривой снижения давления к линейному виду, за счет изменения величины открытия атмосферного клапана диафрагмой, следует провести анализ степени эффективности применения данного технического решения.

Особенность конструкции стабилизатора заключается в том, что он состоит из пружинно – диафрагменного устройства, управляющего атмосферным клапаном. Данное устройство необходимо для того чтобы обеспечить постоянный темп ликвидации сверхзарядного давления вне зависимости от его величины [10-13].

Для выяснения причины срабатывания тормозов при ликвидации сверхзарядного давления стабилизатором был проведен эксперимент по замеру снижения давления в уравнительном резервуаре (УР) и в уравнительной камере (УК) крана машиниста усл. № 395 в процессе ликвидации сверхзарядного давления.

Ликвидация давления УР и УК производилась с давления 0,7 МПа до 0,52 МПа, при различной регулировке стабилизатора.

На основании экспериментальных данных были получены статические характеристики снижения давления в уравнительном резервуаре стабилизатором при различной регулировке пружинно-диафрагменного устройства (рис. 2).

Давление в резервуарах, сообщенных с атмосферой изменяется по экспоненциальному закону, для которого характерно изменение скорости снижения давления в зависимости от остаточного давления.

С целью снижения действия данного явления на работу тормозов в штатном стабилизаторе применено пружинно диафрагменное устройство управляющее открытием атмосферного клапана в зависимости от величины давления над диафрагмой. Из графиков на рис. 2 видно, что эффективность данного технического решения проявляется не во всем диапазоне работы

стабилизатора, а только лишь с уровня давления равного 0,64 МПа и ниже. То есть, линейаризация функции изменения давления происходит при значениях ниже 0,64 МПа, а в диапазоне с 0,7 МПа до 0,64 МПа функция изменения давления имеет ярко выраженный экспоненциальный характер.

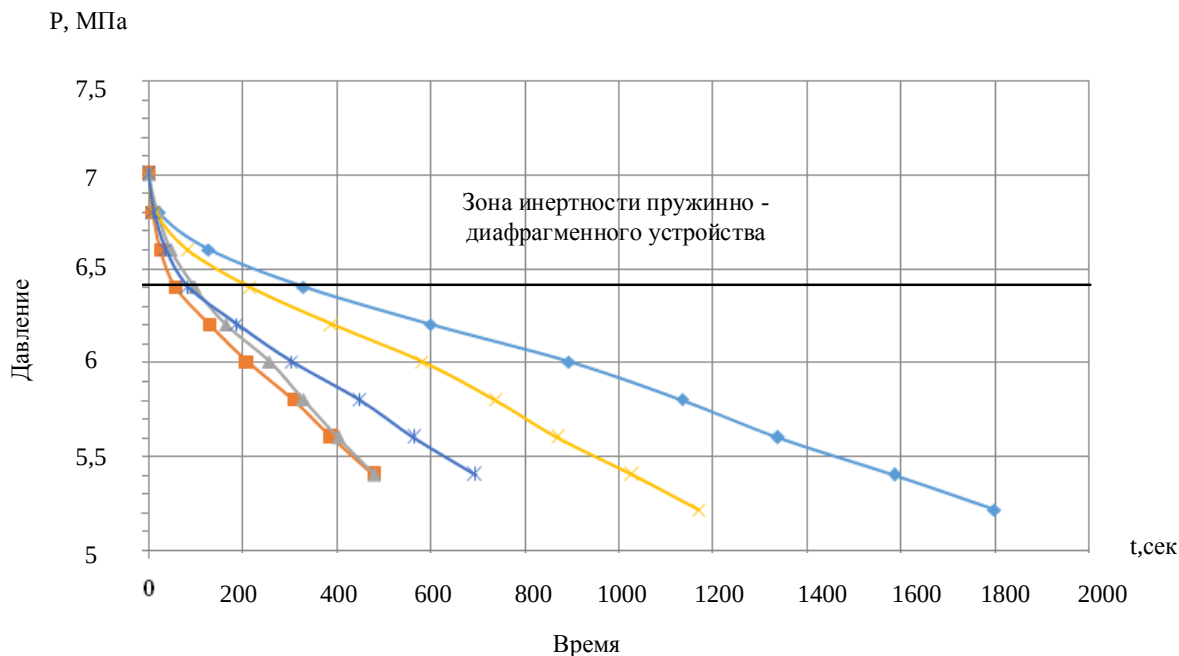


Рис. 2. Графики изменения давления в УР и УК при различной регулировке штатного стабилизатора крана машиниста усл. № 395

Для исключения срабатывания тормозов необходимо обеспечить темп снижения давления с 0,58 МПа до 0,56 МПа в УР за 80-120 секунд. При ликвидации сверхзарядного давления с величины в 0,7 МПа штатным стабилизатором, произойдет срабатывание автотормозов [4-9].

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что стабилизатор крана машиниста усл. № 394 имеет нелинейную характеристику изменения давления в УР и УК при различной его регулировке и не обеспечивает темп мягкости во всем диапазоне ликвидации сверхзарядного давления, что и становится причиной срабатывания тормозов при перезарядке УР выше 0,64 МПа. В связи с этим, необходима модернизация данного стабилизатора, позволяющая решить вышеописанные задачи.

Список литературы

1. Об утверждении Регламента взаимодействия локомотивных бригад с причастными работниками ОАО «РЖД», деятельность которых непосредственно связана с движением поездов, при возникновении аварийных и нестандартных ситуаций на инфраструктуре ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]: распоряжение ОАО «РЖД» от 30.12.2010 № 2817р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Крылов, В. И. Приборы управления тормозами / В. И. Крылов, В. В. Крылов, В. Н. Лобов // М.: Транспорт, 1982, –136 с.
3. Возможности улучшения базовых показателей перевозочного процесса на участке Тайшет-Таксимо / А. М. Худоногов, Е. Ю. Дульский, и др. // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – С. 453–456.
4. Иванов, П. Ю. Устройство контроля плотности тормозной магистрали поезда / П. Ю. Иванов, Н. И. Мануилов, Е. Ю. Дульский // Наука и молодежь: Сборник трудов Первой Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2015. – С. 58 – 62.
5. Иванов, П. Ю. Интеллектуальная система тормозной сети поезда / П. Ю. Иванов, Н. И. Мануилов, Е. Ю. Дульский // Наука и молодежь. – 2016.– № 1. – С. 150 – 156.
6. Правила технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава [Электронный ресурс]: протокол заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества от 6-7 мая 2014 г. № 60. URL: http://www.old.opzt.ru/_files/17090.pdf (дата обращения: 11.05.2017 г).
7. Карминский, В. Д. Техническая термодинамика и теплопередача / В. Д. Карминский. – М.: Маршрут, 2005 – 224 с.
8. Асадченко, В. Р. Автоматические тормоза подвижного состава / В. Р. Асадченко // М.: Маршрут, 2006. – 392 с.
9. Афонин, Г. С. Устройство и эксплуатация тормозного оборудования подвижного состава: учебник для нач. проф. образования / Г. С. Афонин, В. Н. Барщенков, Н. В. Кондратьев // М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.

10. Иванов, П. Ю. Анализ влияния человеческого фактора на безотказную работу тормозного оборудования поездов / П. Ю. Иванов, Н. И. Мануилов, Е. Ю. Дульский // Наука вчера, сегодня, завтра. – 2016. – № 12-2 (34). – С. 48-57.

11. Иванов, П. Ю. Исследование причин самопроизвольного срабатывания автотормозов грузовых поездов / П. Ю. Иванов, Н. И. Мануилов, Е. Ю. Дульский // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – №1. – С. 399-404.

12. Иноземцев, В. Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава: Вопросы и ответы. / В. Г. Иноземцев – 3-е изд., стереотипное М.: Транспорт, 1987. —207 с.

13. Иноземцев, В. Г. Автоматические тормоза / В. Г. Иноземцев, В. М. Казаринов, В. Ф. Ясенцев – М.: Транспорт, 1981 – 464 с.

14. Кюрджиев, Ю. В. Моделирование рабочих процессов, разработка и модернизация пневматических систем и агрегатов с учетом образования конденсата рабочего тела: автореферат дис. кандидата технических наук: 05.04.06 / Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана. - Москва, 2004

УДК 621.92

А. Ю. Попов, М. А. Тотик, П. В. Назаров, Д. Н. Тишанский

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЛЮНЕТОВ ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ ПРОТЯЖЕК

Рассматриваются причины возникновения погрешности профиля шлицевой протяжки. Представлена конструкция адаптивного люнета. Разработана схема автоматизации подвода подвижной части люнета к впадине зуба шлицевой протяжки с точностью позиционирования во впадине зуба протяжки до 1 мкм. Представлен профиль шлицевой протяжки, полученный путем шлифования с применением адаптивного люнета.

Производя анализ полученных образцов шлицевых протяжек, было выявлено радиальное биение профиля впадины, что может привести к погрешности профиля всей протяжки от 3 до 5 мкм. Это связано с тем, что на производстве при наладке станков, производится настройка вручную с

помощью люнетов с ручным подводом при помощи передачи винт-гайка. Для проверки гипотезы была выбрана протяжка квадратного профиля, из которой были получены опытные образцы для дальнейших испытаний (рис. 1).

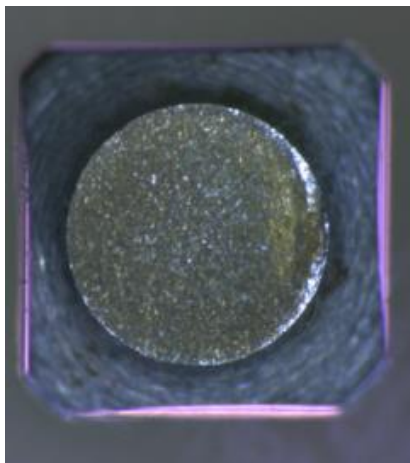


Рис. 1. Опытный образец

Произведен анализ отклонения формы профиля исследуемого образца на цифровом микроскопе Walter Uhl. Эксперимент проводился на десяти опытных образцах (рис. 2.)

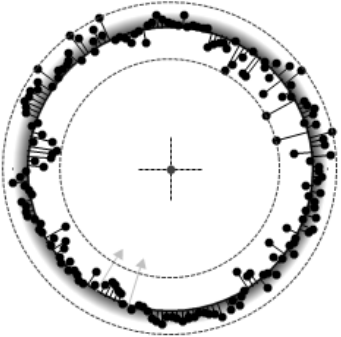
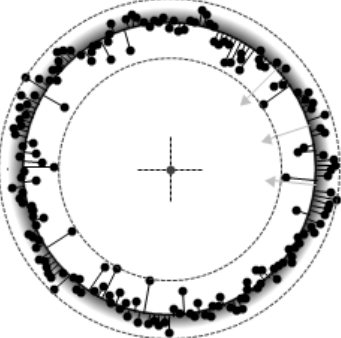
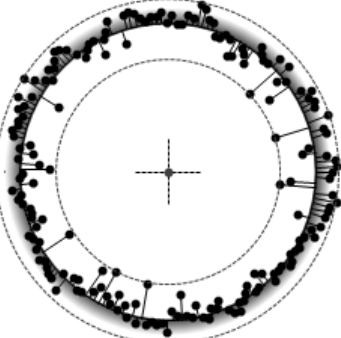
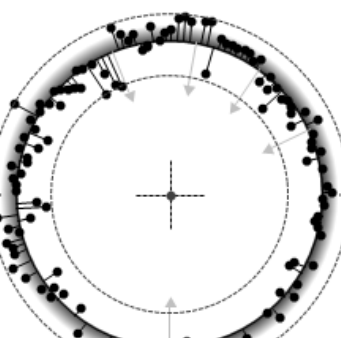


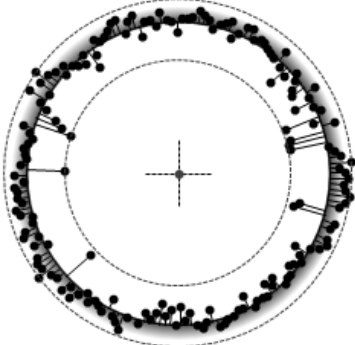
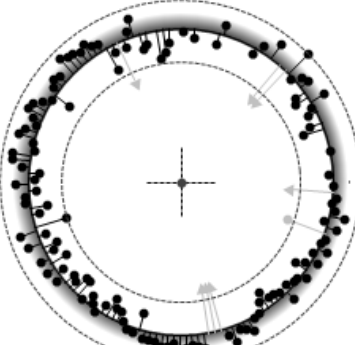
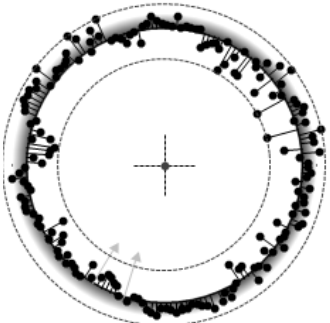
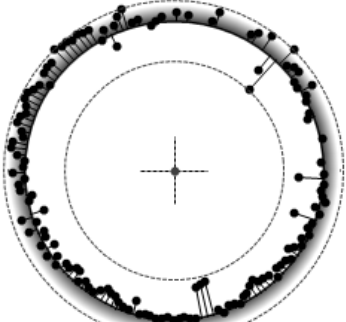
Рис. 2. Отклонение профиля

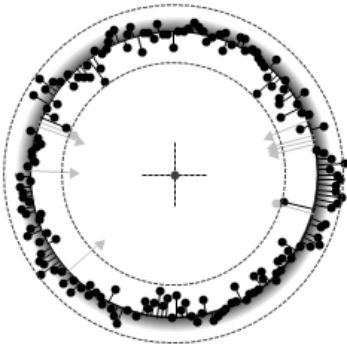
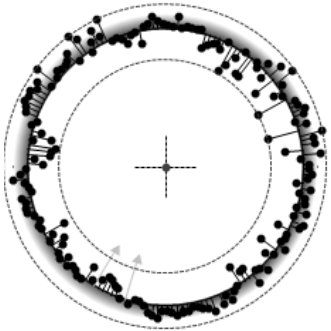
Цифровой микроскоп Walter Uhl дает возможность определить экспериментальный диаметр за счет аппроксимации взаимного расположения точек по всей длине окружности, что позволяет определить значение этого диаметра с точностью до 0,1 мкм. Полученные значения диаметра впадины протяжки сведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследований

№ п/п	Эскиз	Единицы измерения	Диаметр
1		МКМ	3.0401
2		МКМ	3.08
3		МКМ	3.079
4		МКМ	3.073

5		МКМ	3.072
6		МКМ	3.0818
7		МКМ	3.0126
8		МКМ	3.078

9		МКМ	3.0277
10		МКМ	3.025

По проведенным исследованиям была определена погрешность среднего экспериментального диаметра, которая находится в пределах 0,068 мкм

Для снижения величины смещения протяжки и увеличение жесткости системы СПИД применяют люнеты. Базирование протяжки в люнете возможно осуществлять по впадине протяжки (рис. 3) и по впадине.

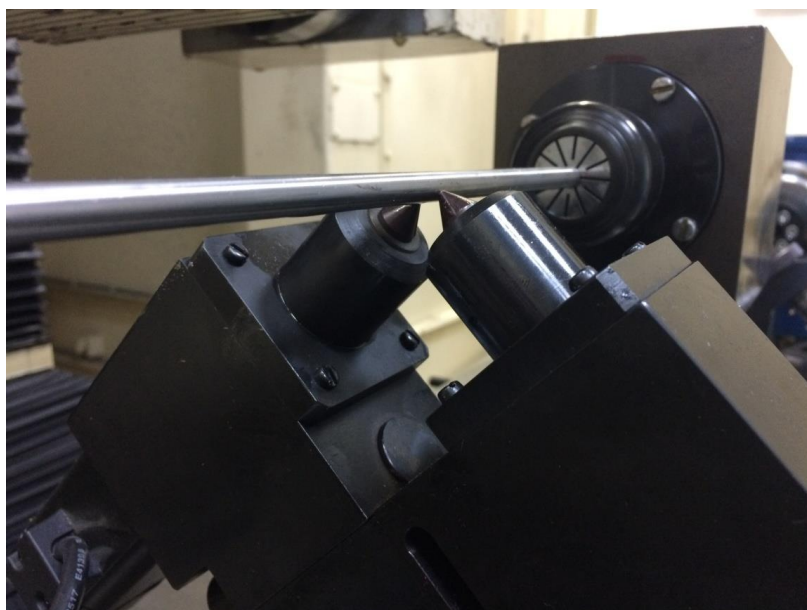


Рис. 3. Схема шлифования протяжки с использованием адаптивного люнета

Изменяющийся в процессе обработки профиль протяжки не позволяет использовать общепринятые конструкции люнетов с двумя ножами, так как они не обеспечивают постоянного контакта. При ручном подводе ножа к впадине зуба возникает деформация протяжки, это вызвано тем, что, как было доказано выше, впадина имеет отклонение формы окружности. Для этого разработана конструкция адаптивного люнета обеспечивающего автоматический подвод ножа к впадине за счет замыкания электрической цепи и создания постоянного контакта опоры ножа люнета и протяжки в процессе шлифования.

Для обеспечения требуемой точности при профильном шлифовании протяжки была разработана следующая конструкция адаптивного люнета (рис. 4), обеспечивающего постоянный контакт с поверхностью протяжки.

Люнет шлифовального станка для наружного шлифования, состоящий из плиты 1, на которой жестко установлены две стойки 2 и уголок 3 выполненные, из стали ГОСТ 1050-88. Стойки 2 жестко закреплены к плите 1, сваркой ГОСТ 5264-80-ТЗ. Стороны уголка 3 расположены под углом 90° относительно друг друга и закреплены на стойках 2, сваркой ГОСТ 5264-80-ТЗ. На каждую сторону уголка 3 установлено по направляющей 4, на каждой из которой расположено по подвижному блоку 5, зафиксированных фиксатором 6. На подвижных блоках 5 установлено по электродвигателю ЕСМА-СА10401ЕС 7 при помощи винтов, на рисунке не показано, на выходные валы которых предварительно установлены муфты 8 которые зафиксированы при помощи шпонки 9 и винта 10. С другой стороны подвижного блока 5 устанавливается винт 11, на который фиксируется сборная гайка, состоящая из нижней части 12 и верхней части 13 и фиксируется штифтами 14 для обеспечения без зазорной передачи. В крышку 15 предварительно устанавливают диэлектрик 16 и подвижный нож 17, на который установлена пружина 18. Перед установкой крышки 15 к подвижному блоку 5 винтами, на чертеже не показано, на винт 11 устанавливается дополнительный диэлектрик 19. Для обеспечения точного базирования люнета по направляющим стола станка (на черт. не показано), предусмотрена шпонка 20, которая закреплена на плите 1 винтами ГОСТ 17475-80.

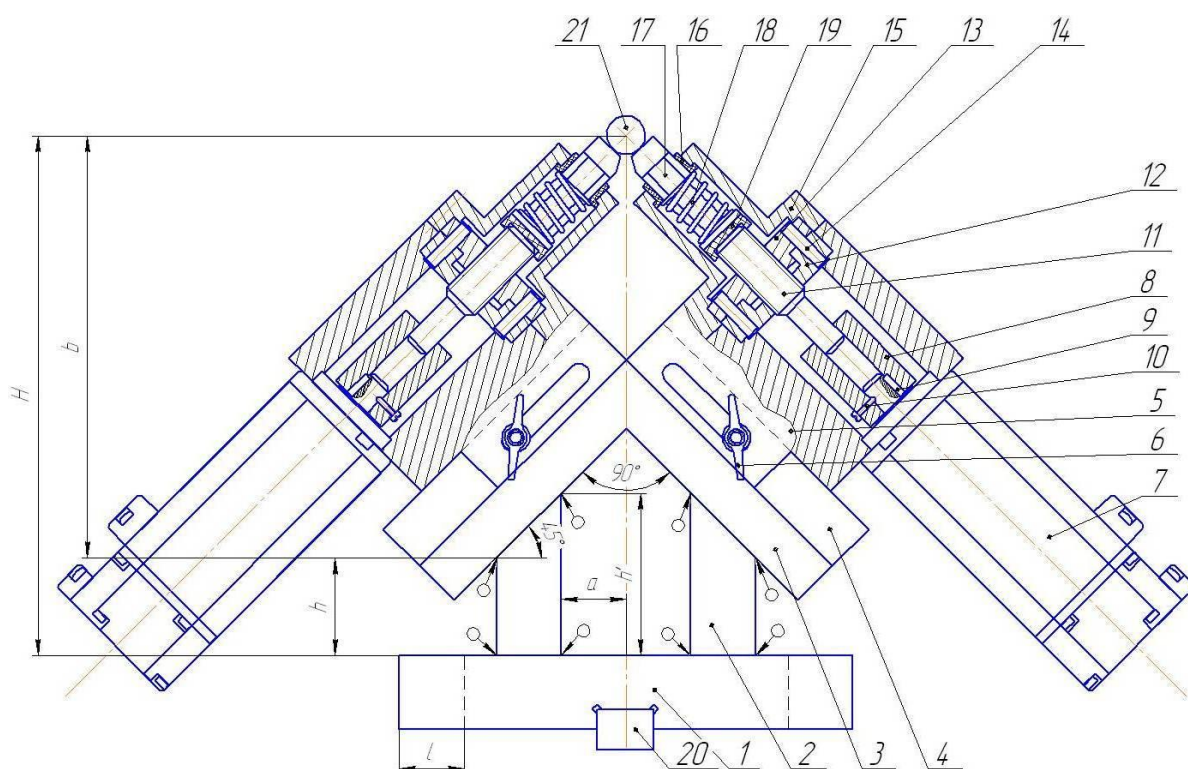


Рис. 4. Конструкция опытного образца люнета

Одна из сторон стоек – «большая» выполнена высотой h_1 , а другая – «меньшая» - h , причем верхняя часть стоек выполнена под углом 45° к основанию. Величина h зависит от требуемого диапазона высоты центров, в зависимости от высоты центров H делительных головок шлифовального станка высота центров станка ВЗ-700Ф4 составляет 180 мм и служит для обеспечения перпендикулярности осей подвижных ножей 17:

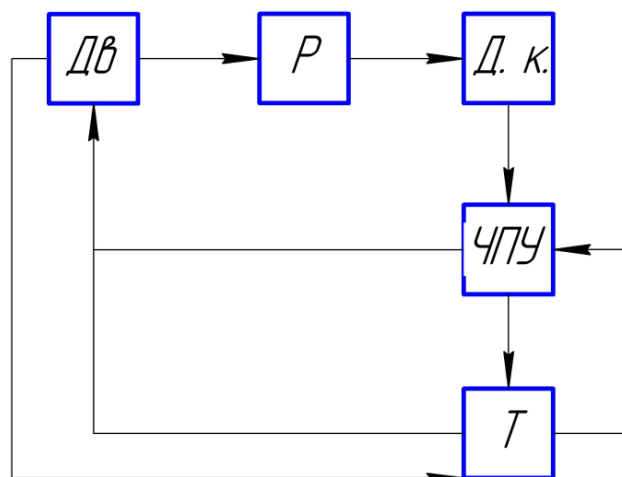


Рис. 5. Схема подключения адаптивных люнетов

В процессе установки протяжки на станке необходимо установить местоположение адаптивных люнетов. Настройка люнетов происходит до контакта щупа с протяжкой, в данном случае это будет электрический контакт.

Результатом исследования является полученный шлицевый профиль (рис. 6) с допуском формы 3 мкм

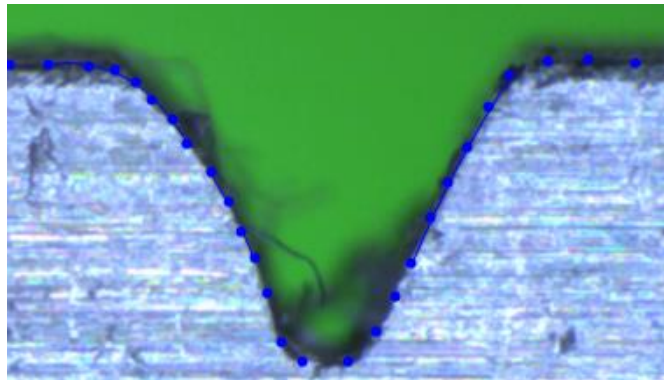


Рис. 6. Эвольвентный профиль шлицевой протяжки

Благодаря цифровому микроскопу Walter Uhl было определено, что путем применения адаптивного люнета возможно выполнить требование точности всех зубьев при сохранении накопленных погрешностей впадин зубьев протяжек.

Таким образом, повышение жесткости системы СПИД при профильном шлифовании возможно за счет:

- базирования протяжки с помощью упоров особой конструкции, которые минимизируют погрешность базирования протяжки;
- применения адаптивных люнетов, которые позволят автоматизировать процесс настройки люнетов и сократить время на установку протяжки и настройку дополнительных опор.

Список литературы

1. Повышение точности шлифования круглых протяжек на станках с ЧПУ за счёт изменения схемы базирования / П. В. Назаров, Е. В. Васильев и др. / Материалы VIII Всерос. науч. – техн. конф. «Проблемы разработки, изготовления и эксплуатации ракетно-космической и авиационной техники» - Омск, 2013. – С. 134 – 138.
2. Грановский, Г. И. Расчет и конструирование протяжек / Г. И. Грановский – М.:МВТУ, 1947.

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АНАЛИЗАТОРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

При разработке измерительного оборудования для энергетических систем (ЭС) применяются методы цифровой обработки сигналов. Эти методы подразумевают квантование. В целях ускорения разработки подобных систем применяют моделирование. Цель данной статьи – анализ проблем, возникающих в результате квантования при моделировании алгоритмов измерения гармоник тока и напряжения. Токи и напряжения в ЭС –практически детерминированны. Их изменение за короткие промежутки времени близко к нулю. Поэтому далее токи и напряжения в ЭС будем называть низкоэнтропийными сигналами.

Рассмотрим схему на рис. 1, состоящую из генератора синусоидального напряжения $u_{out}(t)$, нелинейного четырехполюсника и активной нагрузки R . Напряжение $u_{out}(t)$ квантуется АЦП разрядности M .

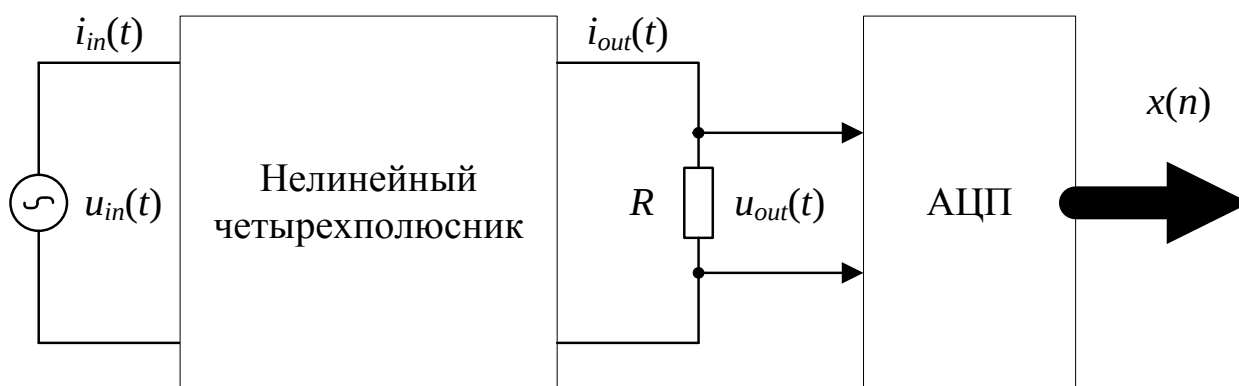


Рис. 1. Модель для исследования квантования низкоэнтропийных сигналов.

Анализируя квантованные отсчеты, определим относительную погрешность ε_A при измерении амплитуд гармоник напряжения $u_{out}(t)$, вызываемые квантованием. Пусть амплитуда первой гармоники $u_{out}(t)$ в 100 раз больше амплитуд остальных 49 гармоник. Цель моделирования - определить минимальное количества разрядов АЦП, позволяющего достичь

заданную точность измерения гармоник. При квантовании из непрерывного (аналогового) сигнала $u_{out}(t)$ или $i_{out}(t)$ получаются отсчеты $x(n)$, $n = \overline{0, N-1}$. При этом АЦП округляет значение отсчета $x(n)$ до ближайшего уровня квантования (расстояние между уровнями квантования Δ) или, что то же, к отсчету $x(n)$ добавляется ошибка $\delta(n)$ в результате чего появляется квантованный отсчет:

$$\tilde{x}(n) = x(n) + \delta(n), \quad \text{где } \delta(n) \in \left[-\frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta}{2}\right].$$

Последовательность ошибок $\delta(n)$ трактуется [5], как последовательность независимых случайных величин с равномерным распределением. Спектр последовательности $\delta(n)$ также считается равномерным. Из [3] дисперсия D и СКО R случайной величины $\delta(n)$ соответственно равны $D = \frac{\Delta^2}{12}$ и $R = \sqrt{D} = \frac{\Delta}{\sqrt{12}}$. Рассмотрим k -ую гармонику с амплитудой A_k , фазой φ_k и частотой $2\pi k/N$, где N – число анализируемых отсчетов.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} A_k \cos\left(\frac{2\pi}{N}kn + \varphi_k\right) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{A_k}{2} e^{j\varphi_k} + \sum_{n=0}^{N-1} \frac{A_k}{2} e^{-j\left(\frac{4\pi}{N}kn + \varphi_k\right)}.$$

$$\text{Учитывая, что } \sum_{n=0}^{N-1} \frac{A_k}{2} e^{-j\left(\frac{4\pi}{N}kn + \varphi_k\right)} = 0, \text{ получим: } X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} \frac{A_k}{2} e^{j\varphi_k} = \frac{A_k N}{2} e^{j\varphi_k}.$$

Соответственно:

$$|X(k)| = \frac{A_k N}{2}. \quad (1)$$

Найдем далее дисперсию (D) и СКО (R) спектра ошибок $E(k)$:

$$D[E(k)] = D\left[\sum_{n=0}^{N-1} \delta(n) \cos\left(\frac{2\pi}{N}kn\right)\right] + D\left[-j \sum_{n=0}^{N-1} \delta(n) \sin\left(\frac{2\pi}{N}kn\right)\right] = N \frac{\Delta^2}{12}$$

$$R = \sqrt{D} = \Delta \sqrt{\frac{N}{12}}. \quad (2)$$

Таким образом, исходя из (1) и (2) соотношение сигнал/шум при измерении k -й гармоники составит величину

$$\eta(k) = \frac{|X(k)|}{R} = \frac{A_k}{\Delta} \sqrt{6N}. \quad (3)$$

Пусть максимальная амплитуда сигнала на входе АЦП равна 1, величина шага квантования $\Delta = 2^{-M}$, тогда абсолютный уровень шума квантования, приходящийся на одну гармонику составляет величину

$$L = \frac{1}{2^M \sqrt{6N}}, \quad (4)$$

а относительный уровень шума квантования, приходящийся на k -ую гармонику

$$\eta(k) = \frac{1}{A_k 2^M \sqrt{6N}}. \quad (5)$$

Соотношения (4) и (5) показывают, что точность измерения гармоник зависит, как от количества M разрядов АЦП, так и от количества анализируемых отсчетов N . То есть с увеличением окна, на котором выполняется ДПФ, увеличивается и точность измерений (без увеличения разрядности АЦП).

Теперь оценим относительную погрешность измерения амплитуды гармоник тока и напряжения ε_A . Так как погрешность, вызванная квантованием, приходящаяся на одну гармонику, является линейной комбинацией погрешностей квантования отсчетов $\delta(n)$, то согласно центральной предельной теореме, распределение ε_A стремится к нормальному. СКО погрешности всех гармоник одинаково. Учитывая (5) и правило трех σ :

$$\varepsilon_A = \pm \frac{3}{A_k 2^M \sqrt{6N}}.$$

Рассмотрим далее моделирование процесса повышения точности измерения за счет увеличения количества обрабатываемых отсчетов. Для этого примем следующие параметры модели.

Согласно теореме Котельникова [6], частота дискретизации напряжения $u_{out}(t)$ или $i_{out}(t)$ должна превышать максимальную частоту в спектре сигнала не менее, чем в два раза. Чтобы обеспечить некоторый запас, пусть она превышает частоту высшей гармоники в 4 раза. Это соответствует ровно 200 отсчетам на одном периоде первой гармоники (50 Гц). Пусть далее ДПФ в модели выполняется над 1, 10, 10^2 , 10^3 и 10^4 периодами первой гармоники. В качестве результата моделирования будем рассматривать погрешность измерения гармоник.

Целью моделирования будет являться проверка согласующейся с (3) - (5) гипотезы, что за счет увеличения количества обрабатываемых отсчетов, возможно увеличить точность измерения гармоник, квантованных тока и напряжения. При этом, ток и напряжение обладают низкой энтропией, а квантование трактуется, как классическое округление.

Оценим на математической модели погрешность измерения гармоник напряжения $u_{out}(t)$, вносимые квантованием. В качестве меры погрешности измерения гармоник, найдем среднеквадратическое отклонение амплитуд всех 50-и гармоник ΔC до и после процедуры квантования

$$\Delta C = \sqrt{\sum_{k=1}^{50} |\tilde{X}(kL) - X(kL)|^2},$$

где $X(l)$ – отсчеты ДПФ, соответствующие гармоникам тока или напряжения до квантования; $\tilde{X}(l)$ – отсчеты ДПФ, соответствующие гармоникам тока или напряжения после квантования; L – количество анализируемых периодов.

Выполним моделирование процедуры квантования без шума при измерениях, выполненных на различном количестве периодов основной гармоники. Величина ΔC не зависит от количества периодов, над которыми выполняется ДПФ, что противоречит формулам (3) - (5), а также используемому в цифровой обработке сигналов эмпирическому положению, что квантование можно заменить аддитивным шумом с равномерным распределением (см. табл. 1).

Таблица 1

Погрешность ΔC в зависимости от количества разрядов АЦП и количества обрабатываемых периодов основной гармоники при добавлении белого шума с

равномерным распределением и СКО равным $\frac{\Delta}{\sqrt{12}}$.

Количество разрядов АЦП	Количество периодов				
	1	10	10^2	10^3	10^4
	Погрешность измерения гармоник, ΔC				
8	5.6×10^{-4}	1.8×10^{-4}	5.7×10^{-5}	1.8×10^{-5}	5.6×10^{-6}
10	1.4×10^{-4}	4.4×10^{-5}	1.4×10^{-5}	4.4×10^{-6}	1.4×10^{-6}
12	3.5×10^{-5}	1.1×10^{-5}	3.5×10^{-6}	1.1×10^{-6}	3.5×10^{-7}

Добавим к напряжению $u_{out}(t)$ перед квантованием шум с равномерным распределением и СКО, равным среднеквадратичной амплитуде шума квантования. В результате, получаем зависимость соответствующую (3) - (5). Таким образом, мы имеем парадоксальный результат: для повышения адекватности модели необходимо моделируемый сигнал «ухудшить», добавив к нему шум.

Очевидно, что погрешность ε_A в данном случае пропорциональна $\varepsilon_A = \pm \frac{3}{A_k 2^M \sqrt{6 \cdot 50}}$ и не меняется в зависимости от N .

Описанный парадокс связан с низкой энтропией электротехнических сигналов. Действительно, до квантования $x(n)$ был периодическим (или почти периодическим). Поэтому и ошибка квантования $\delta(n)$ также должна быть периодической с тем же периодом, а следовательно, $\delta(n)$ в этом случае есть лишь набор гармоник, попадающий точно на гармоники тока и напряжения.

Рассмотрим пример. Дискретизируем сигнал $x(n)$, представляющий собой синусоиду, в 10^4 точках. При этом частоту дискретизации выберем так, чтобы она не была кратна частоте синусоиды. При моделировании, мы получаем спектр дискретизированного сигнала, изображенный на рис. 2.а.

Казалось бы, полученная картинка полностью соответствует классическим представлениям, но это не совсем так. Увеличим количество точек дискретизации в 10 раз так, чтобы частота дискретизации и частота синусоиды оставались некрatными. Другими словами, будем накапливать для анализа отсчеты дискретизируемого сигнала в 10 раз дольше. Получаем спектр, изображенный на рис. 2.б. Шум квантования перестает быть белым. Он группируется в тех местах, где должны быть гармоники исходной синусоиды. Чтобы проверить полученный эффект, увеличим количество точек дискретизации еще в 10 раз. Как видно на рис. 2.в, ситуация только усугубилась. Теперь со всей очевидностью можно утверждать, что шум квантования не является белым [7].

Причина этого эффекта – наличие корреляции между отсчетами шума квантования. Рассмотрим методы компенсации данного эффекта. Добавим к результатам измерения белый гауссов шум с СКО, равным шагу квантования. При этом спектр квантованной синусоиды становится равномерным (рис. 3.в) и

коррелированность в нем исчезает. Механизм уничтожения гармоник белым гауссовым шумом поясняется рис. 3.б. Если добавить шум с СКО менее одного шага квантования, то пьедесталы исходной синусоиды и ее гармоник значительно сократятся. Амплитуды самих гармоник, так же уменьшатся. Рассмотрим свойства модели: «сигнал+шум квантования+гауссов шум с СКО равным шуму квантования». Добавление гауссова шума ухудшает сигнал (табл. 1). Если посмотреть на значения погрешности, то можно убедиться, что в случае 8-и разрядного АЦП при анализе одного периода первой гармоники, погрешность равна 5.6×10^{-4} . А если добавить шум (табл. 2), то погрешность увеличится, как и следовало ожидать, примерно в $\sqrt{2}$ до 8.0×10^{-4} . То есть результаты моделирования опять расходятся с реальными измерениями.

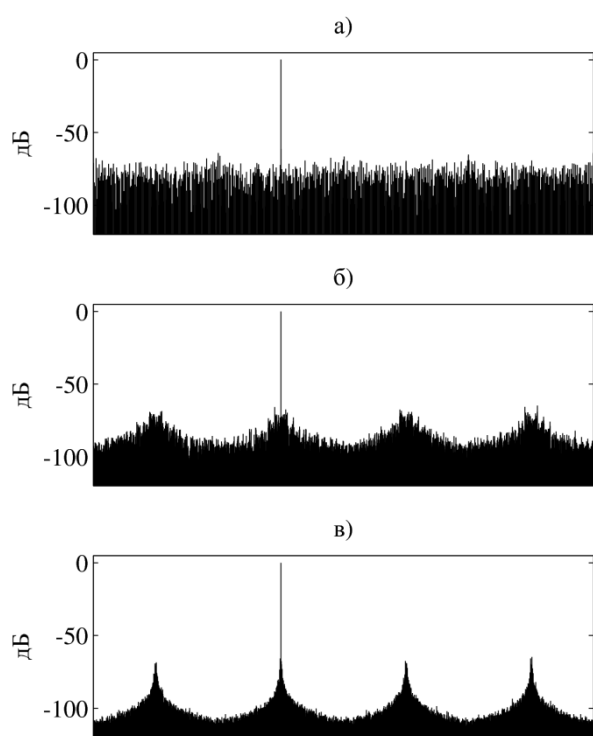


Рис. 2. Спектр синусоиды, квантованной 201-м уровнем в случае дискретизации а) 10^4 точек; б) 10^5 точек; в) 10^6 точек

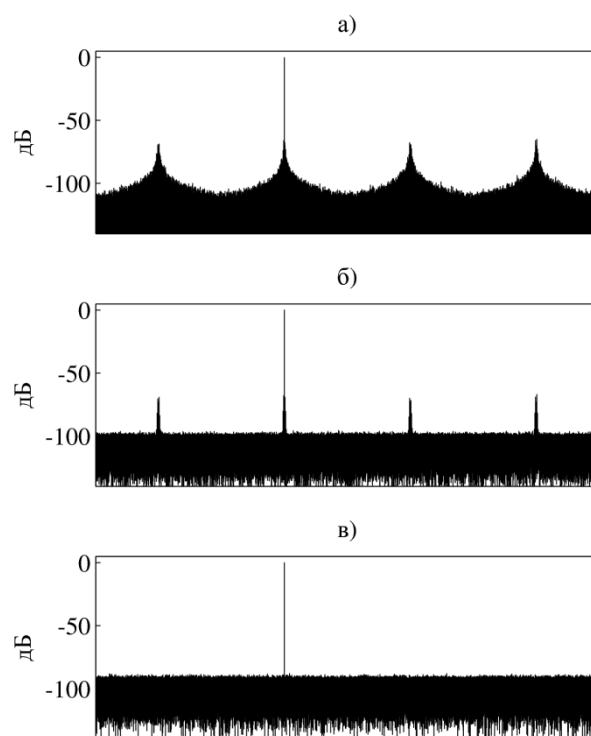


Рис. 3. Спектр квантованной синусоиды а) без шума; б) с шумом, СКО менее шага квантования; в) с шумом, СКО равно шагу квантования

Таблица 2

Погрешность ΔC в зависимости от количества разрядов АЦП и количества обрабатываемых периодов при добавлении шума

Количество разрядов АЦП	Количество периодов				
	1	10	10^2	10^3	10^4
	Погрешность измерения гармоник, ΔC				
8	8.0×10^{-4}	2.5×10^{-4}	8.0×10^{-5}	2.5×10^{-5}	8.0×10^{-6}
10	2.0×10^{-5}	6.2×10^{-5}	2.0×10^{-5}	6.2×10^{-6}	2.0×10^{-6}
12	5.0×10^{-6}	1.6×10^{-5}	5.0×10^{-6}	1.6×10^{-6}	4.9×10^{-7}

Добавляя шум к сигналу перед квантованием, мы увеличиваем энтропию сигнала. Исчезает корреляция между отсчетами ошибки квантования. Соответственно, исчезает зависимость и между спектральными отсчетами ошибки квантования. Поэтому, спектр ошибки равномерно распределяется по всей полосе.

Список литературы

1. Грицутенко, С. С. Эффективный алгоритм измерения параметров длинных линий для реализации на сигнальном процессоре / Н. В. Коровкин, С. С. Грицутенко // М.: Известия РАН Энергетика РАН, № 2, 2017. – С. 21;
2. Грицутенко, С. С. Повышение достоверности измерения показателей качества электрической энергии в системе тягового электроснабжения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. С. Грицутенко. – Омск: Омский гос. ун-т путей сообщения, 2007. – С. 154;
3. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд // М.: Мир, 1978. – 848 с.;
4. ГОСТ 30804.4.7 – 2013 (IEC 61000-4-7:2009) Совместимость технических средств электромагнитная. Общее руководство по средствам измерений и измерениям гармоник и интергармоник для систем электроснабжения и подключаемых к ним технических средств. – М.: Стандартиформ, 2013. – 33 с.;

5. Шувалов, В. П. Передача дискретных сообщений. Учебник для вузов / В. П. Шувалов, Н. В. Захарченко, В. О. Шварцман // М.: Радио и связь, 1990. – 464 с.;

6. Котельников, В. А. О пропускной способности эфира и проволоки в электросвязи / В. А. Котельников. – М.: Всесоюзный энергетический комитет. Материалы к I Всесоюзному съезду по вопросам технической реконструкции дела связи и развития слаботочной промышленности. По радиосекции, Управление связи РККА, 1933. – С. 1–19;

7. Грицутенко, С. С. Квантование синусоидальных сигналов / С. С. Грицутенко. – Ижевск: Вестник Ижевского государственного технического университета, №4(48), 2010. – Вып. 4(48). – С. 173-176.

УДК 004.921

К. В. Аверков, Д. С. Макашин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ILOGIC ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В AUTODESK INVENTOR

В статье дано описание основных принципов создания параметрических 3-D моделей изделий в рамках программного пакета Autodesk Inventor с применением системы iLogic. Описаны основные средства и возможности данной системы. На конкретном примере показаны основные этапы проектирования.

Одним из наиболее перспективных направлений в 3-D моделировании является параметрическое моделирование. Параметризация существенно расширяет возможности моделирования. Задание размеров и иных параметров 3-D модели в виде параметров позволяет быстро изменять и перестраивать данную модель и связанные с ней ассоциативные чертежи [1].

Мощным инструментом для управления параметрами и их программирования при моделировании в Autodesk Inventor является комплекс iLogic.

Данный комплекс позволяет создавать правила, которые основываются на использовании несложных программ, написанных на достаточно простом для

освоения языке программирования. Таким образом, совмещаются работа конструктора и программиста.

Покажем на примере процесс создания параметрической модели с применением iLogic. Назовем деталь «Полумуфта». Данная деталь представляет собой тело вращения с рядом отверстий на периферии и шлицевым отверстием в центре. Шлицевое отверстие выполнено по ГОСТ 1139-80. Создадим деталь в Autodesk Inventor, далее зайдем во вкладку "Управление" и выберем "Параметры". Добавим необходимые пользовательские параметры, на основе которых будет осуществляться построение модели и укажем их значения (рис. 1). Значения параметров являются значениями размеров основных геометрических элементов будущей модели. Например параметр D является наружным диаметром шлицевого отверстия, а параметр z – число шлицев.

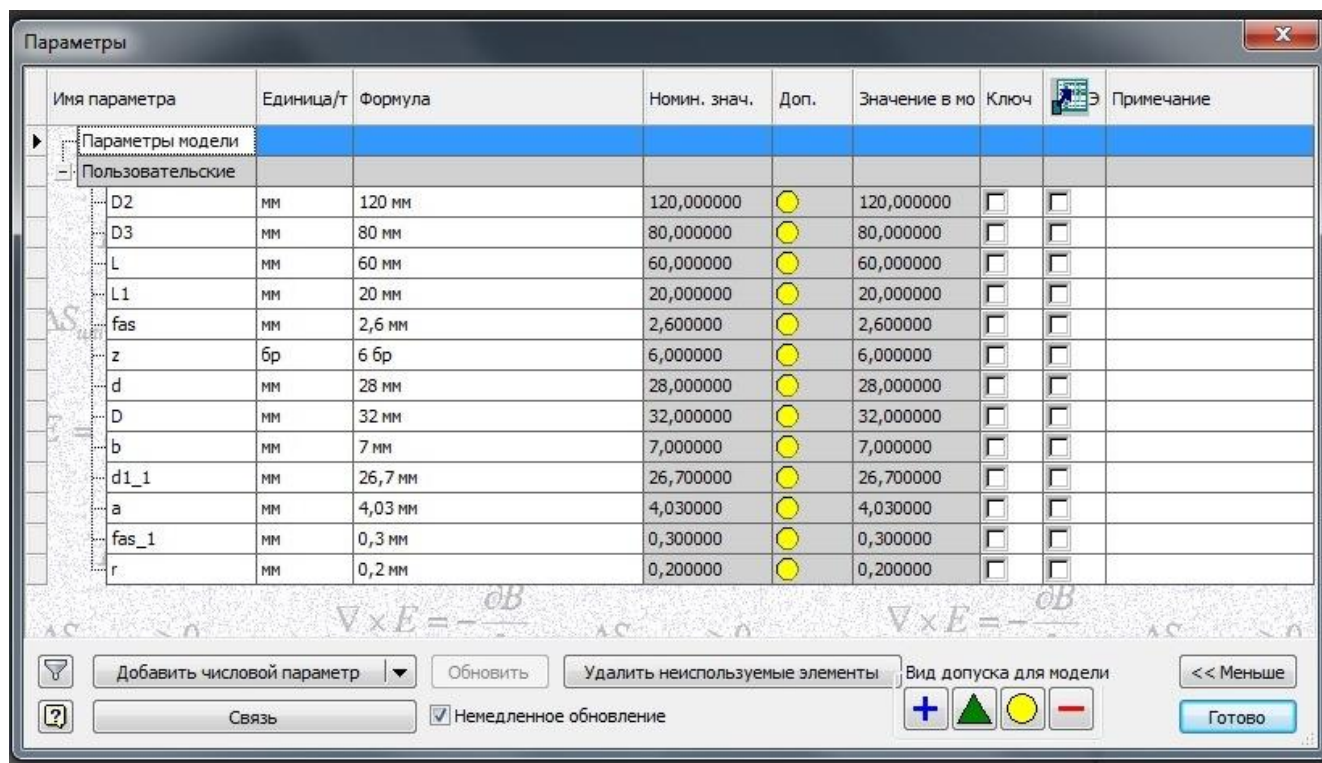


Рис. 1. Задание пользовательских параметров.

Далее строим 3-D модель детали, причем вместо размеров указываем предварительно определенные параметры (рис. 2).

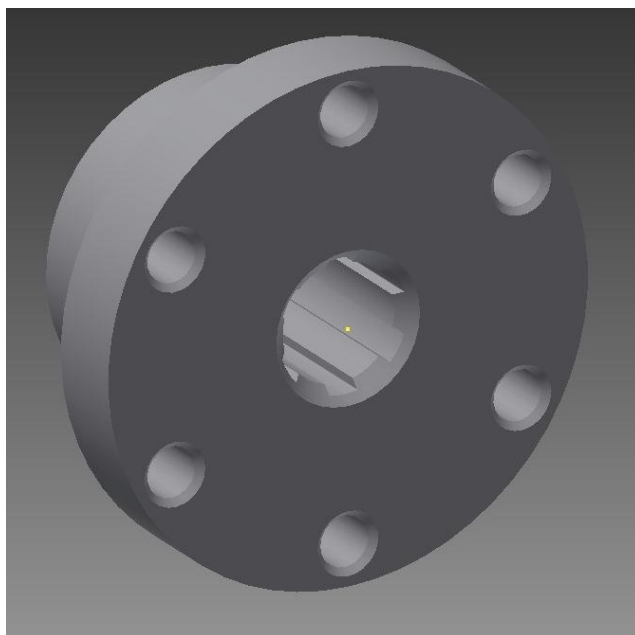


Рис. 2. Построенная 3-Dмодели детали «Полумуфта»

Теперь можно менять геометрические характеристики детали, внося изменения в таблицу параметров.

Однако Inventor позволяет работать с параметрами, используя инструменты iLogic. После создания детали снова перейдем во вкладку "Управление" и выберем "Создать правило". В открывшемся окне (рис. 3), используя команды программирования составим следующую программу.

If D = «32»Then	Parameter («D3») = 80
Parameter («D2») = 120	Parameter («L») = 60
Parameter («D3») = 80	Parameter («L1») = 20
Parameter («L») = 60	Parameter («d») = 32
Parameter («L1») = 20	Parameter («z») = 8
Parameter («d») = 28	Parameter («b») = 6
Parameter («z») = 6	Parameter («d1_1») = 30,04
Parameter («b») = 7	Parameter («a») = 2,71
Parameter («d1_1») = 26,7	Parameter («fasc») = 0,4
Parameter («a») = 4,03	Parameter («r») = 0,3
Parameter («fasc») = 0,3	ElseIf D = «36» Then
Parameter («r») = 0,2	Parameter («D2») = 120
ElseIf D = «36» Then	Parameter («D3») = 80
Parameter («D2») = 120	Parameter («L») = 60

Parameter («L1») = 20

Parameter («d») = 36

Parameter («z») = 8

Parameter («b») = 7

Parameter («d1_1») = 34,5

Parameter («a») = 3,46

Parameter («fasc») = 0,4

Parameter («r») = 0,3

End If

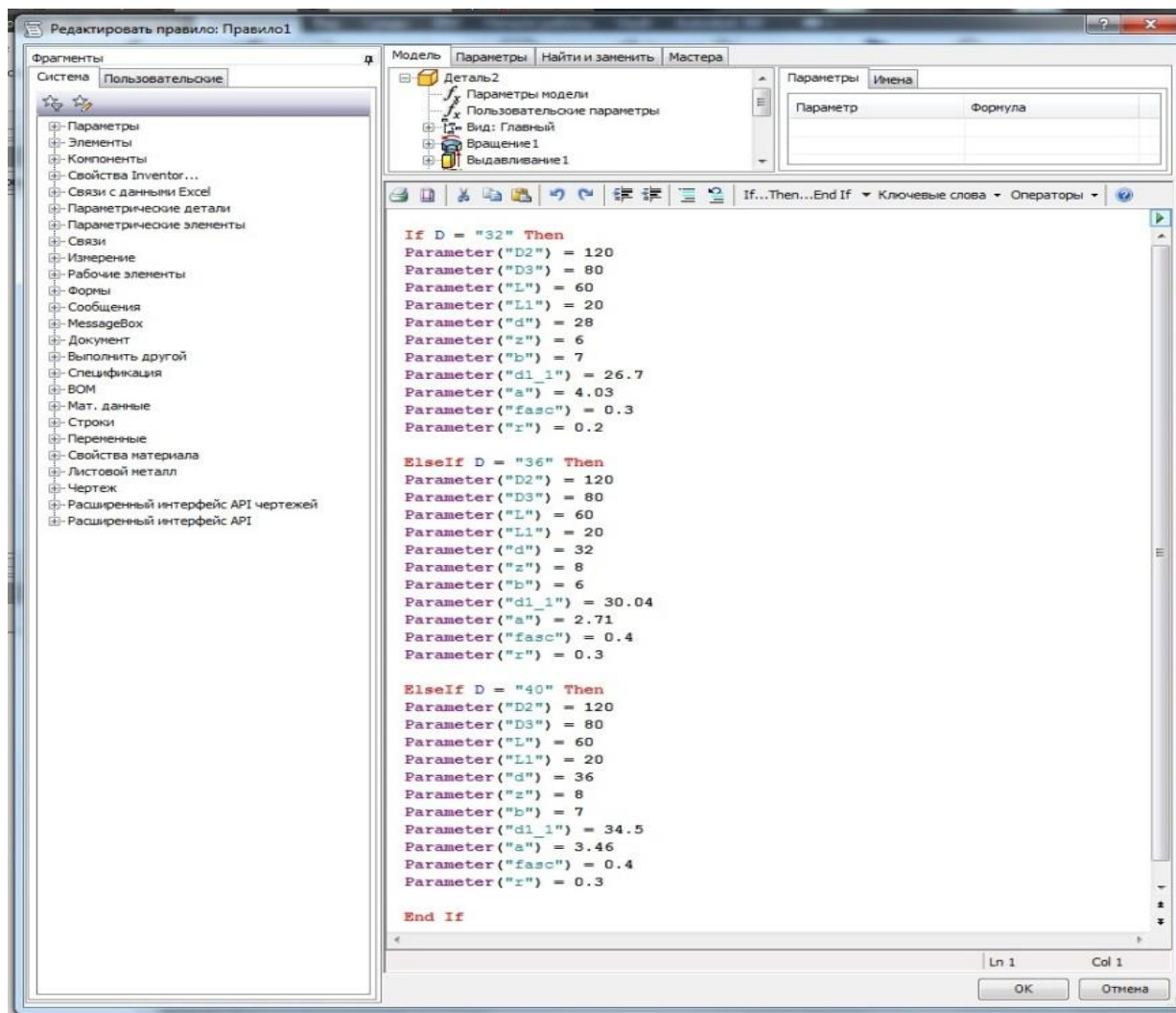


Рис. 3. Окно среды iLogic

Данная программа состоит из простейших операторов: If, Else, Then, End. В качестве независимой переменной используется параметр D, в качестве зависимых – все прочие параметры.

Подтвердим создание правила. Далее создадим соответствующую форму в той же вкладке "Создать правило". После задания названия правила открывается соответствующее окно. Далее необходимо перетащить в правую часть окна параметр D и подтвердить создание формы (рис. 4).

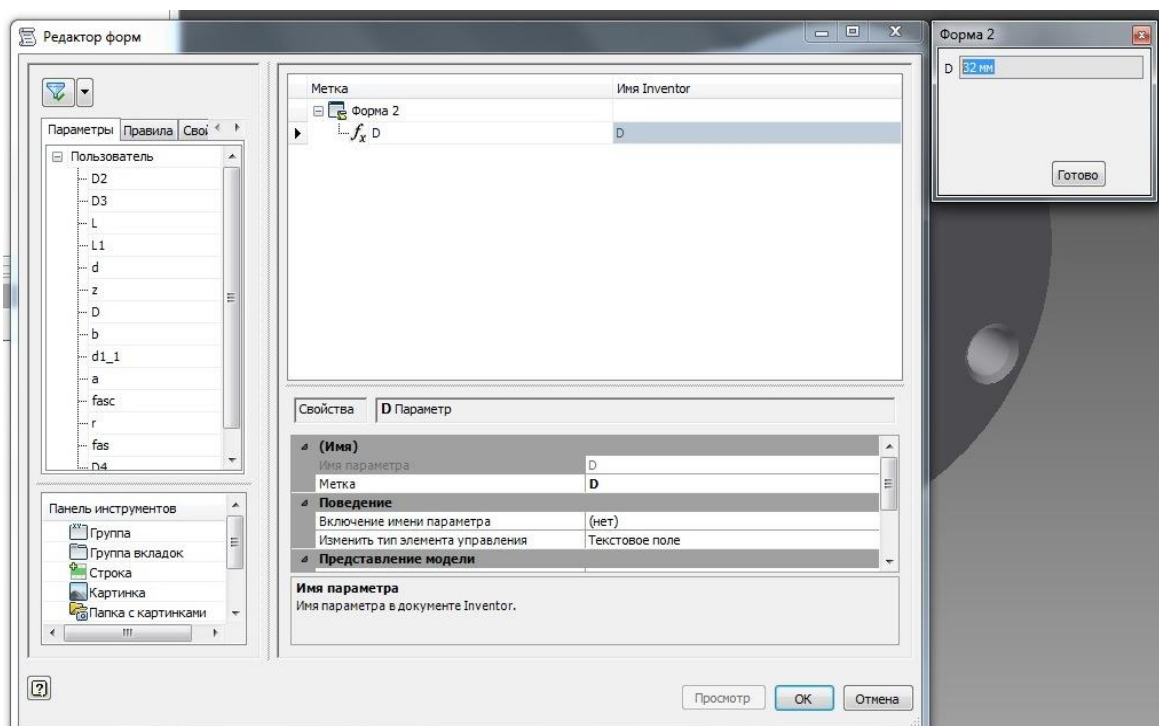


Рис. 4. Создание формы

Теперь можно управлять геометрическими характеристиками детали не из таблицы параметров, а из созданной формы.

Изменим цвет модели, создадим чертеж, перенесем в него вид детали спереди и нанесем основные размеры. Теперь изменяя параметр D можно сразу же получить изменения в конструкции детали и в связанном ассоциативном чертеже (рис. 5 и рис. 6).

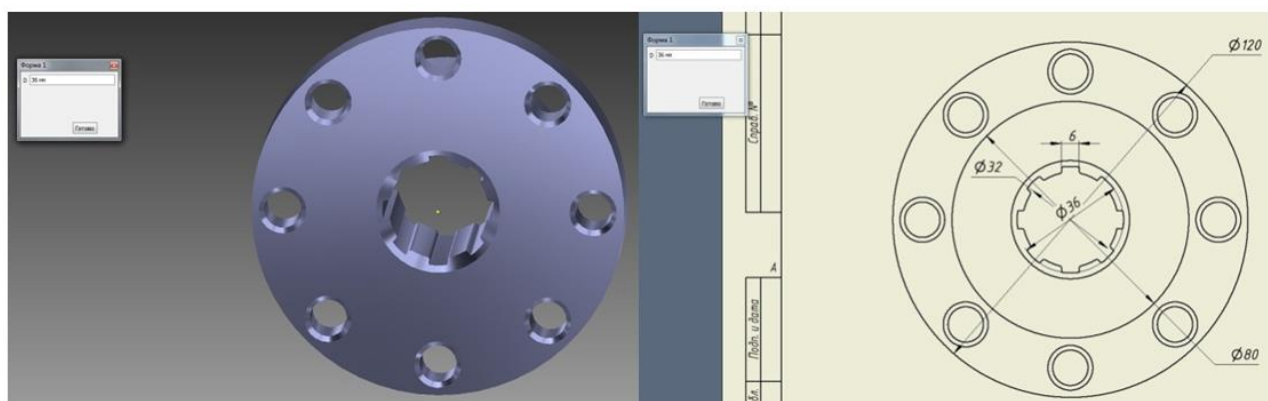


Рис. 5. Модель и чертеж детали при D=40мм

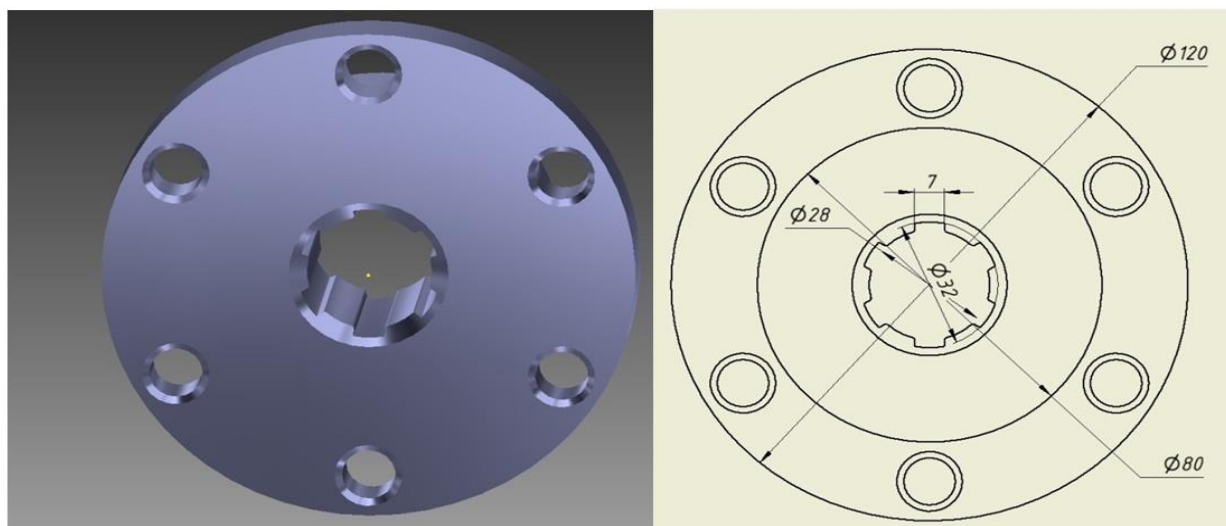


Рис. 6. Модель и чертеж детали при D=32мм

После внесения изменений в модели, соответствующие изменения сразу же вносятся во все ассоциативные чертежи. Из одной модели мы можем получить весь необходимый комплект чертежей на все типоразмеры детали. Таким образом, iLogic является мощным и современным инструментом проектирования, существенно расширяющим возможности системы Autodesk Inventor.

Список литературы

1. Алиева, Н. П. Построение моделей и создание чертежей деталей в системе Autodesk Inventor. [Текст] / Н. П. Алиева, П. А. Журбенко, Л. С. Сенченкова – М.: ДМК-Пресс, 2011. – 112 с.

УДК 658.51

М. Ф. Капустьян, О. П. Супчинский, В. П. Кулаковская

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УПРАВЛЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматриваются основные направления в развитии информационного подхода организации производства. Приведен пример использования сетевого планирования для

управления ремонтным производством сервисного ремонтного локомотивного депо на основе современных информационных технологий.

Информационные технологии играют все более важную роль в деятельности современных предприятий, преобразуют организацию его бизнеса, изменяют инструментарий управления [1]. Определение путей повышения эффективности управления предприятиями на основе применения современных информационных технологий является актуальной проблемой. Совсем недавно информация, не считалась важным активом предприятий и фирм. Управление рассматривалось как индивидуальное искусство межличностного общения, а не как глобальный механизм координации деятельности участников экономических процессов.

Важный компонент любой системы автоматизации – средства человеко-машинного интерфейса (HMI – *англ.* Human-Machine Interface) [2]. Их роль, как и роль производственного персонала, по-прежнему велика, несмотря на то, что уровень автоматизации промышленных предприятий постоянно растет. Какой бы совершенной ни была система управления, принятие критически важных решений всегда остается за человеком, а значит, он должен оперативно и в удобной форме получать информацию о техпроцессе и иметь возможность контролировать и влиять на него.

HMI представляет собой набор технических средств, предназначенных для обеспечения непосредственного взаимодействия между оператором и оборудованием. Он позволяет оператору управлять и контролировать работу технических систем. Удобство, надежность и функциональность средств HMI во многом определяет успех работы всей АСУ.

Исторически под HMI понимали кнопки, переключатели, стрелочные приборы и т.д. В современном мире на смену физическим устройствам постепенно приходят виртуальные. Так сегодня панель оператора, содержит виртуальные кнопки, графики, аналоговые и цифровые показатели. Благодаря виртуализации в диспетчерской появляется экран, на котором можно отобразить все, что необходимо; причем есть возможность пользоваться множеством сменяемых изображений. Это намного удобнее по сравнению с физическими кнопками, которые не обеспечивают должной наглядности,

занимают место на диспетчерской панели и не могут быть убраны или с легкостью заменены.

Однако полного отказа от физических устройств не происходит в силу следования стандартам безопасности. На сегодняшний день сохраняются требования, в соответствии с которыми кнопка аварийного отключения и лампа состояния аварии должны представлять собой реальные объекты, поскольку это позволяет создавать физический разрыв в цепи управления и контролировать ситуацию даже в том случае, если панель полностью погасла.

Один из ключевых трендов рынка средств НМІ последних лет – возможность контролировать производственные процессы не только с помощью стационарных панелей, но и с помощью мобильных устройств. Не случайно ведущие игроки рынка активно разрабатывают специальные мобильные приложения для АСУ.

Эта функция востребована там, где есть необходимость контролировать удаленное оборудование. Расширенный вариант позволяет техническому руководителю или инженеру-разработчику на своем мобильном устройстве создавать дополнительные экраны, не связанные с экраном панели оператора. С их помощью можно менять настройки, недоступные на обычных рабочих станциях.

Также современные панели оператора могут взаимодействовать с пользователем на расстоянии, отправляя ему SMS или электронные письма.

Переход на мобильные устройства дополнительно выгоден еще и с той точки зрения, что не требует дополнительных капитальных вложений, поскольку практически каждый человек в современном обществе обладает смартфоном. Параллельно решается проблема, которую безуспешно пытались решить годами, создание защищенных станций, снабженных специальными антивандальными характеристиками.

Рассмотрим, каким образом может быть осуществлен данный подход на примере сервисного локомотивного депо СЛД-Тюмень.

Предлагаемая схема управления основана на принципах сетевого планирования, которые хорошо известны и с середины прошлого века безуспешно осуществлялись попытки их реализации. На сегодняшний день это стало возможно благодаря развитию информационных технологий.

Структурная схема работы представляет собой взаимосвязь структурных подразделений через рабочие станции депо (отдел главного технолога (ОГТ), склад, диспетчер, отдел труда и заработной платы (ОТИЗ), мастера цехов, исполнители работ) с единым сервером на всю сеть филиалов (рис. 1).

Система обеспечивает автоматизацию выдачи нарядов на выполнение работ, отслеживания хода их выполнения и формирования отчетов по анализу трудовых, материальных ресурсов и т.д.

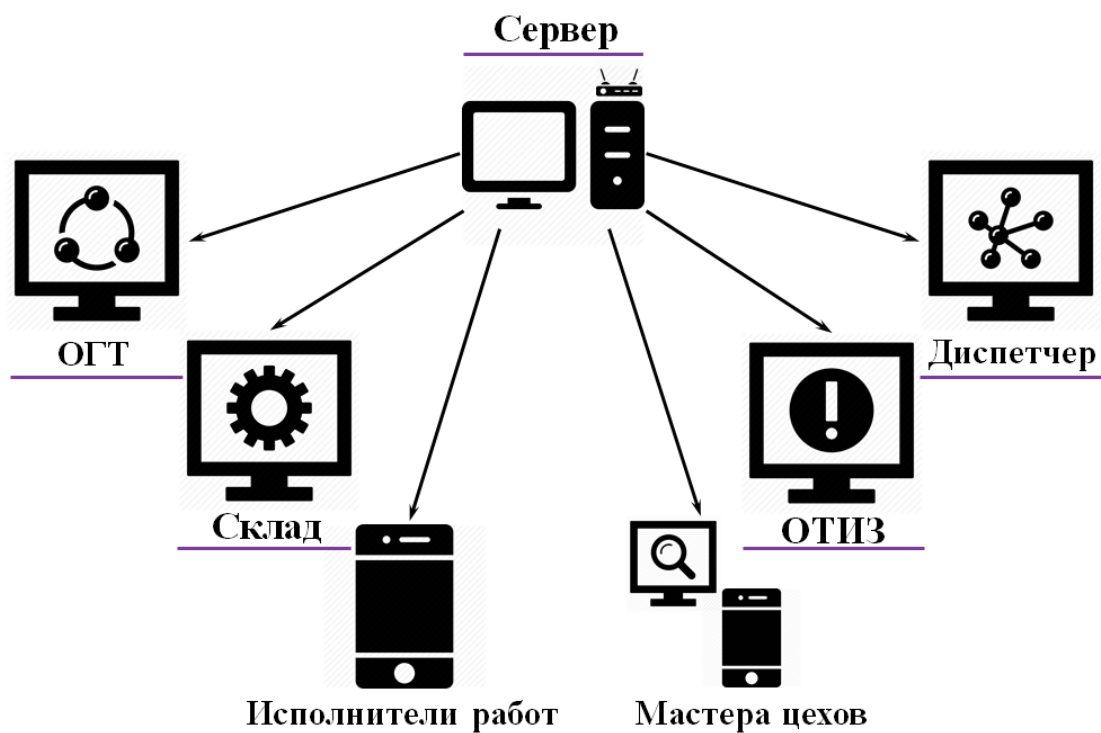


Рис. 1. Структурная схема АСУ Сетевой график

Доступ к программе имеют сотрудники отдела главного технолога, склада, ОТИЗ, диспетчер ремонта и мастера цехов, а также руководство депо (начальник депо, заместитель начальника по ремонту и др.). В рамках своего права доступа они вносят данные в программу. Данные обрабатываются общим сервером, там же хранятся и передаются заинтересованным лицам.

Диспетчер ремонта вводит данные о постановке тепловоза на ремонт, в результате формируется диаграмма Ганта для данного тепловоза на основании определителя сетевого графика.

Мастера цехов на основе введенных данных диспетчером и сформированной диаграммы Ганта подтверждают автоматически распределенные наряды на работу для ремонтного персонала или корректируют

их в случае необходимости. Наряд отправляется по сети Интернет исполнителю работ на смартфон, после подтверждения исполнителем получения задания, на диаграмме Ганта меняется статус выполнения работы. Кроме того, на основании сформированной диаграммы Ганта, подается заявка на материалы кладовщику. После выполнения работы, ремонтный персонал с помощью смартфона закрывает наряд на работу, при необходимости вносит результаты измерений или подкрепляет факт выполнения работы фотографиями. Информация передается на сервер. На экране диспетчера появляется отметка о выполнении данной работы, фиксируется время окончания. Работа считается принятой, если ее подтверждает мастер или кладовщик, принимая отремонтированную деталь.

Диаграммы Ганта формируются на основе, разработанных технологами сетевых графиков. Для удобства пользования и упрощения процесса контроля, диаграмма составляется таким образом, чтобы в одном диалоговом окне отображалось не более десяти различных работ (процессов). При двойном клике на область работы, открывается новое диалоговое окно, в котором детализируется ход выполнения данной работы.

После того как работа над шаблоном завершена технологом, для всех работ специалистом ОТИЗ назначается норма времени на выполнение данных работ.

Диспетчер при постановке тепловоза на ремонт выбирает необходимый Шаблон, (исходя из серии тепловоза и объема ремонта), фиксирует время постановки электровоза на ремонт и назначает мастеров, ответственных за этапы работ.

Программа автоматически проверяет выполнимость данных работ по наличию ресурсов (оборудование, персонал) и предлагает вариант распределения работ во времени мастеру цеха. Мастер может принять оптимизированную диаграмму Ганта или попытаться распределить работы в ручном режиме.

После этого мастера цехов в свою очередь распределяют слесарей на конкретные ремонтные позиции. На основе введенных данных и нормах времени, рассчитанных и введенных специалистом ОТИЗ формируются наряды для слесарей и ведомости материалов и запасных частей и материалов для кладовщиков.

После чего необходимо пройти авторизацию в соответствии с должностью (рис. 2).

Рис. 2. Окно авторизации пользователя

В режиме реального времени на мониторе отражается ход ремонта в процентном выполнении к нормативному времени (рис. 3). Зеленым цветом отображаются работы, которые ведутся с опережением или в соответствии с графика ремонта. Желтым цветом отмечены работы, на выполнение которых осталось менее 10% времени. Данные тепловозы необходимо держать под постоянным контролем и предпринимать предупреждающие действия. Красным цветом обозначены тепловозы, работы, по которым не выполнены вовремя. При наведении курсора на область красного цвета разворачивается группа, отражающая конкретные работы и операции, по которым наблюдается отставания. На основе данной информации можно принимать корректирующие действия. Кроме того отображается информация о локомотивах, которые ожидаются в ближайшее время для постановки в ремонт.

Рабочее поле подсистемы «Работа с нарядами» представляет собой Диаграмму Ганта (рис. 4). Работы, выполняемые вовремя, отмечаются зеленым цветом. Работы, в состав которых входят работы, не выполненные в срок, отмечены красным цветом. Работы, на выполнение которых осталось менее 10% запланированного времени отмечены желтым цветом, на данные работы стоит обратить особое внимание.

В случае если наряд отклонен мастером, данная работа автоматически назначается вновь, в том числе и всем зависимыми работами, если время для их выполнения, меньше времени оставшегося до отметки о выполнении.

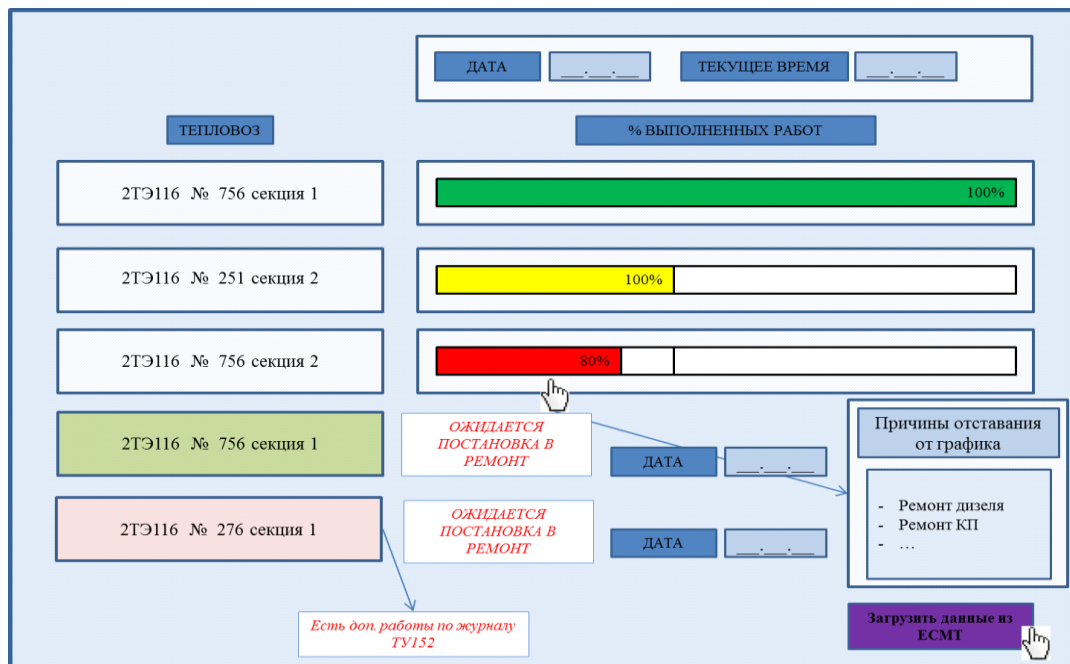


Рис. 3. Окно контроля за ходом выполнения ремонта

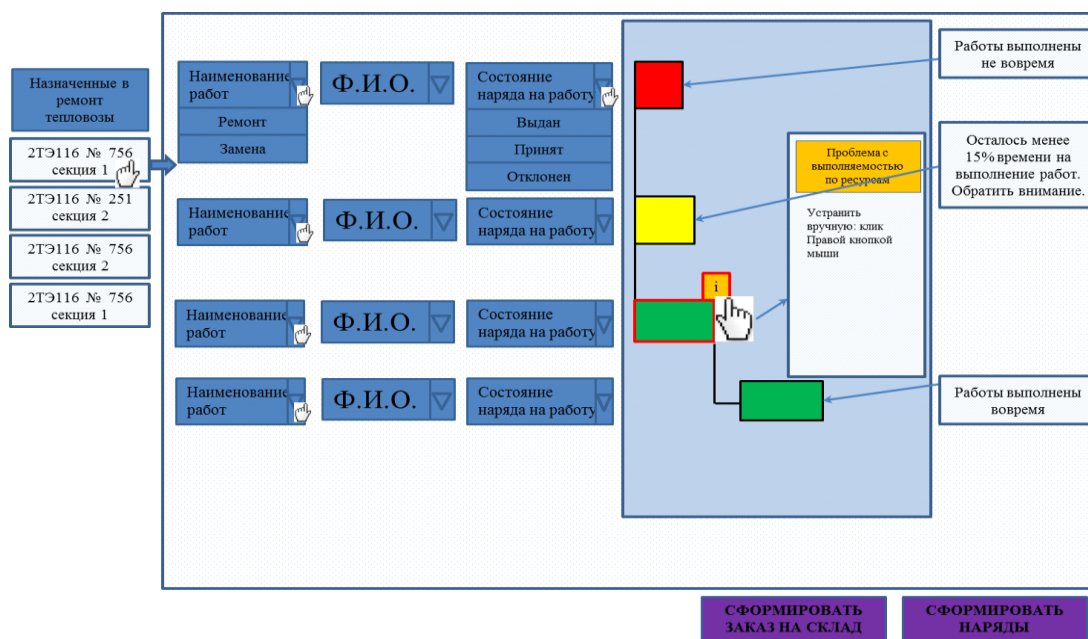


Рис. 4. Окно подсистемы «Работа с нарядами»

Если блок в диаграмме Ганта имеет красную окантовку, имеются проблемы по выполнению, связанные с обеспечением ресурсами. В правом верхнем углу появляется информационная кнопка, нажав на которую можно

устранить проблему в ручном режиме, переместив данную работу вправо. При этом начало всех связанных с ней работ автоматически корректируются.

Исполнитель работ получает на смартфон уведомление о назначении наряда на работу. Делает отметку о принятии или отклонении наряда, что автоматически отображается у мастера на диаграмме Ганта. В рабочем окне пользователя отображается время выдачи наряда, норма времени на выполнение работы и остаток времени до завершения работы. Если работы включают в себя проведение испытаний или измерений, исполнитель из выпадающего списка выбирает измеряемый параметр и вводит полученные значения. По окончании выполнения работ, исполнителем ставится отметка и отправляется подтверждение, что автоматически отображается на диаграмме Ганта. Интерфейс рабочего окна пользователя «Исполнитель работ» представлен на рис. 5.

Рис. 5. Интерфейс рабочего окна пользователя «Исполнитель работ»

Таким образом, предлагаемая система позволяет сократить потери времени на перемещение персонала и работу, связанные с ведением и

заполнением различных журналов в бумажном виде, осуществлять мониторинг выполнения работ. Кроме того, использование автоматического формирования и персонального закрытия нарядов на работы через приложение в смартфоне позволяет устранить "делегирование" исполнителями сдачи работ друг другу, а такие возможности смартфона как фотокамера позволит осуществлять документирование выполненных операций.

Список литературы

1. Александрович, Е. В. К вопросу об информационных системах и технологиях в управлении производством [Текст] / Е. В. Александрович // Известия ОрелГТУ. Серия «Информационные системы и технологии» / Редакция журнала «Известия ОрелГТУ». – Орел, 2008. – №1-3/269(544). – С. 10 – 14.

2. Шугаев, А. Современный человеко-машинный интерфейс на производстве: актуальные тенденции [Электронный ресурс] /А. Шугаев// Деловой портал «Управление производством». – Электрон. текстовые дан. – Москва, 2016. –Режим доступа: http://www.up-pro.ru/library/information_systems/production/hmi-schneider.html , свободный.

УДК 681.2:543.423

А. А. Кузнецов, К. В. Усачева

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИДЕНТИЧНЫХ УСЛОВИЙ ИСПЫТАНИЙ

В работе рассмотрены способы учета внешних условий на примере анализа видеоизображений и дальнейшей математической обработки результатов спектрального анализа материалов. Целью их применения является повышение точности и воспроизводимости результатов измерений в условиях изменения влияющих факторов.

Повышение точности спектрального анализа материалов связано с выполнением ряда требований. На каждом из этапов проведения анализа начиная от пробоподготовки, энергетического воздействия на исследуемый

материал, регистрации спектра, дальнейшей его обработки и интерпретации разработаны правила, влияющие на точность конечного результата – количественного содержания элементов.

Снижение составляющих погрешностей конечного результата путем анализа изображения межэлектродного промежутка при проведении спектрального анализа металлов и сплавов, исследовано в работе [1]. Анализ поверхности образцов перед проведением спектрального анализа выполнен в работе [2]. Исследование различных состояний информативного источника – электрической, лазерной и газовой плазмы, при проведении спектрального анализа и микроанализа представлено в работе [3].

Достижение требуемой точности возможно осуществить двумя способами – математической обработкой конечных результатов, полученных при различных условиях или контролем за факторами, способными внести погрешности в результаты измерений, испытаний и контроля. В работе проводится анализ изображения источника спектрального излучения, для решения второй задачи повышения точности и стабильности во времени получаемых результатов. Повышение точности и стабильности проводимых анализов является актуальной задачей.

В работе обсуждается контроль источника спектрального излучения – низкотемпературной плазмы во время проведения измерений. При изменении условий в приборах спектрального анализа на примере электрического источника спектра меняется объем светящейся плазмы. В работе [1] выполнено исследование факторов влияющих на результаты измерения интенсивностей при спектральном анализе материалов. Применена теория планирования эксперимента и показано распределение значимости различных факторов, влияющих на изменение интенсивности спектрального излучения.

Качественная оценка работы и аспекты автоматизации атомно-эмиссионного спектрального анализа с использованием видеоконтроля приведены в работе [2]. Основным параметром контроля с возможностью регулирования, выбрано расстояние от противоэлектрода до анализируемого образца.

С целью повышения стабильности работы спектрального оборудования авторами изобретения [3] предложено оснащать технические средства наборами датчиков различных величин, контроль которых во время проведения

анализов обеспечивает высокую воспроизводимость результатов при возможном изменении условий проведения эксперимента. На рис. 1 показана структурная схема эмиссионного спектрометра, оснащенного набором датчиков, дополнительно используемых совместно с прибором.

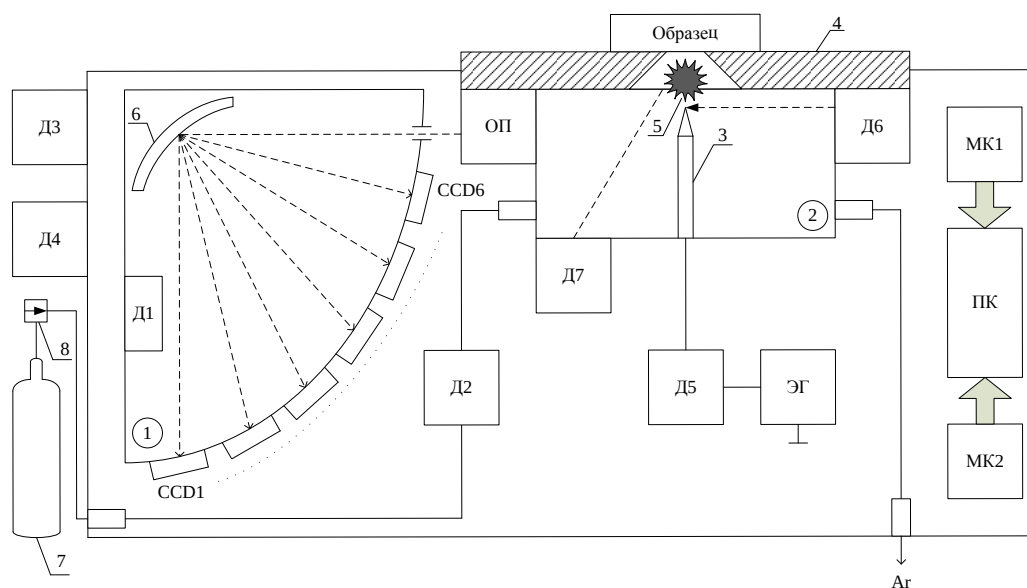


Рис. 1. Схема расположения датчиков в блоке спектрометра

Указанная цель в предлагаемом устройстве достигается тем, что к прибору спектрального анализа подключается семь датчиков передающих данные в блок обработки данных влияющих факторов. Подключаемые датчики измеряют следующие параметры: Д1 – датчик, измеряющий давление аргона в оптическом блоке спектрометра; Д2 – датчик, контролирующий расход аргона, при проведении анализа; Д3 – датчик, измеряющий температуру воздуха в помещении при проведении анализа; Д4 – датчик, измеряющий атмосферное давления воздуха в помещении при проведении анализа; Д5 – датчик, измеряющий силу тока, его частоту и форму импульсов, поступающих с генератора, передающий данные на цифровой осциллограф; Д6 – датчик, контролирующий положение электрода относительно образца и форму электрической дуги; Д7 – датчик, контролирующий положение образца и наличие дефектов на поверхности в предполагаемом месте анализа.

Датчик давления Д1 располагается внутри герметичного оптического блока 1, в котором также находятся дифракционная решетка 6 и приемники излучения CCD1 – CCD6. Датчик расхода Д2 устанавливается на трубопровод подачи аргона в камеру разряда 2 прибора. Датчики температуры Д3 и

влажности Д4 крепятся с наружной стороны спектрометра. Датчик электрических параметров разряда Д5 располагается в цепи протекания тока от электрического генератора ЭГ к вольфрамовому противоэлектроду 3. Датчики Д6 и Д7 представляют из себя короткофокусные эндоскопы, расположенные таким образом, чтобы обеспечить нужный обзор поверхности анализируемого образца, установленного на стол 4 и облака разряда 5.

Устройство работает следующим образом. После установки анализируемого образца на предметный столик 4, на экран ПК передается его изображение, с датчика Д7. При этом, в случае неправильной установки или присутствия дефектов поверхности (пятен предыдущих обжигов и др.), будет выдано соответствующее предупреждение, полученное на основе анализа изображения, получаемого с датчика Д7. При загорании электрического разряда, при помощи датчика Д6 измеряется расстояние между анализируемым образцом и электродом, а так же регистрируется размер облака разряда.

Более подробно в работе представлены данные эксперимента по обработке изображения низкотемпературной плазмы во время проведения анализов и делаются выводы по повышению точности измерений количественного состава определяемых элементов.

В работе выполнено исследование работы спектрометра типа «Аргон-5СФ» в различных режимах. Для регистрации изображения использована высокоскоростная видеокамера типа «Наногейт-2В». В качестве испытуемых использовались корректировочные образцы методики «Стали низколегированные» типа уг1е, уг4е, уг6е, уг8е, RE16-34. В качестве различных условий задавались «Нормальный», «Сильный» и «Слабый» режимы, которые имитируют возможное изменение режима работы высоковольтного искрового генератора, или изменения режима, вызванного некачественной подготовкой рабочей поверхности исследуемого материала.

Изображения низкотемпературной плазмы в различных режимах, снятые при помощи ослабляющего оптического светофильтра приведены на рис. 2 а-в.

Для идентификации режима обсыхания на изображении необходимо определить область, соответствующую площади светящейся плазмы. Для выделения светящейся области выполняется анализ цветового состава изображения и выделение характерных базовых цветов. Среди набора базовых

цветов определяется цвет, соответствующий цвету светящейся плазмы и оценивается площадь ее изображения.

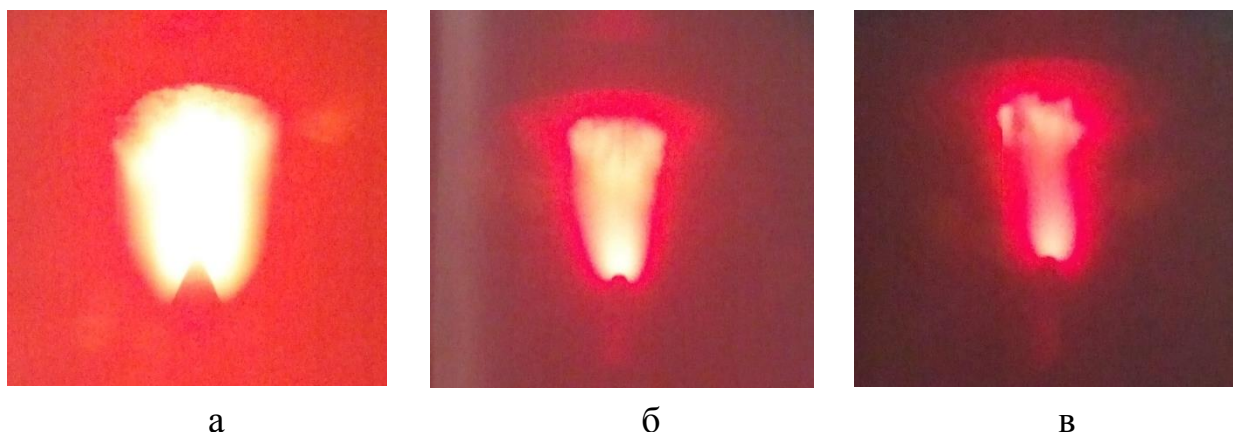


Рис. 2. Изображение низкотемпературной плазмы при различных режимах генератора

Выделение базовых цветов изображения выполняется при помощи метода кластеризации. Изображение интерпретируется как набор точек, каждая точка которого характеризуется трехмерным вектором интенсивности цветовых компонентов $[R_i, G_i, B_i]$. Задача кластеризации сводится к разбиению точек на k групп, среднее значение цветовых компонентов в каждой группе соответствует базовому цвету данной группы (центру кластера).

Для кластеризации использовался метод k -средних [4]. На первом шаге алгоритма выбирается k точек изображения, которые служат начальными центрами кластеров. Для достижения оптимального разбиения при выборе центров необходимо стремиться к достижению между ними максимального расстояния. Каждая точка изображения помещается в кластер, расстояние до центра которого является минимальным.

После разделения всех точек на кластеры вычисляются новые координаты центров и процесс повторяется. Алгоритм повторяется до тех пор, пока координаты кластеров не станут постоянными. В результате, каждая точка помещается в кластер, центр которого соответствует базовому цвету изображения.

Результат действия алгоритма приводит к тому, что суммарное квадратичное отклонение точек от центра кластера минимизируется:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2, \quad (1)$$

где k – число кластеров; S_i – полученные кластеры; $i = 1, 2, \dots, k$; μ_i – центры кластеров точек $x_j \in S_i$.

На рис. 3 а-в представлены гистограммы анализа изображений, соответствующих рис. 2 а-в. По горизонтальной оси представлены базовые цвета анализируемого изображения. Количество базовых цветов определяется экспериментатором. По вертикальной оси представлена количественная оценка кластеров базовых цветов по отношению к общему количеству кластеров исходного изображения.

Изображения, полученные в различных режимах, отличаются в первую очередь температурой электропроводящей области и нагретого газа (измерения проводились в среде особо чистого аргона 99,998%). В каждом из трех представленных режимов регистрировался свой базовый цвет, соответствующий излучающей плазме. Для упрощения интерпретации полученных результатов для каждого изображения представлено по четыре базовых цвета, каждый из которых отличается для разных режимов. Так область излучающей плазмы составляет 10,3% для «Сильного», 5,2% для «Нормального» и 3,8% для «Слабого» режима работы спектрального генератора.

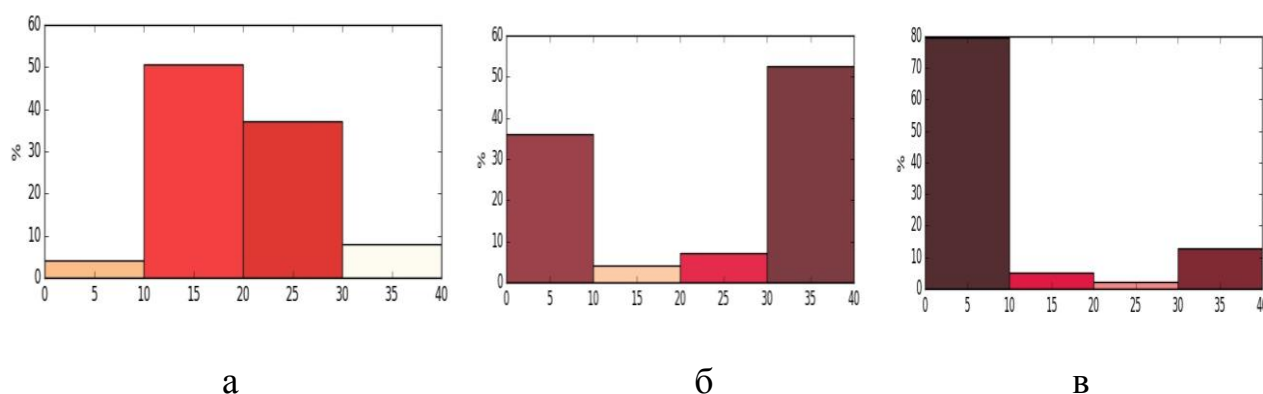


Рис. 3. Количественная оценка площади светящейся плазмы в «Сильном» (а), «Нормальном» (б) и «Слабом» (в) режимах генератора

В случае, когда все измеренные параметры нормальны, конечный результат измерения считается достоверным. Если же значения некоторых параметров выходят за допустимые пределы, необходимо выполнять корректировку градуировочной зависимости по стандартным образцам.

Другой подход при создании виртуальных эталонов – набора реальных стандартных образцов заключается в создании математической модели,

компенсирующей влияние факторов на результат измерения, и ее применения в программном обеспечении автоматизированной системы измерений.

С целью получения инвариантной модели измеряют интенсивности спектральных линий при различных условиях проведения эксперимента. Для получения положительного результата необходимо получить наибольшее расхождение измеряемых параметров. Для построения модели выбирают спектральные линии с различными энергетическими характеристиками (по разному влияющие на изменение факторов) [5].

Для учета различных энергетических характеристик спектральных линий было предложено использование обобщенной функции вида:

$$F_j = \frac{\sum_{i=1}^N a_i I_{анij}}{\sum_{i=1}^M b_i I_{срj}} = \frac{a_0 I_{ан0j} + a_1 I_{ан1j} + \dots + a_N I_{анNj}}{b_0 I_{ср0j} + b_1 I_{ср1j} + \dots + b_M I_{срMj}} \quad (1)$$

где $I_{ан}$ – интенсивности спектральных линий анализируемого элемента; $I_{ср}$ – интенсивности линий сравнения, имеющие различные энергетические показатели; a_i , b_i – весовые коэффициенты устойчивого градуирования; N – количество линий анализируемого элемента; M – количество линий сравнения.

Градуировочные характеристики построенные по предложенной модели сохраняют стабильность при изменении внешних условий или могут переноситься на приборы одного типа без потери точности обусловленной индивидуальными параметрами калибровки.

Таким образом, в методическом и программном обеспечении современных спектрометров целесообразно использовать двухступенчатый алгоритм повышения точности. На первом этапе необходимо использовать системы анализа видеоизображения основного источника получения информации – низкотемпературной плазмы. Это обусловлено тем, что дальнейшая математическая обработка способна устранить незначительные изменения условий проведения эксперимента. Возможные грубые отклонения условий следует исключить на первом этапе. Второй этап - математическая обработка параллельных измерений будет более эффективной при устранении грубых отклонений, которые легко устраняются при визуальном анализе видеoinформации, в том числе и в автоматическом режиме.

Список литературы

1. Кузнецов, А. А. Исследование факторов влияющих на результаты измерения интенсивностей при спектральном анализе материалов / А. А. Кузнецов, О. Б. Мешкова, В. А. Слептерев // Омский научный вестник. – 2011. – №3. – С. 242 – 245.
2. Программа видеоконтроля процесса атомно-эмиссионного спектрального анализа / З. В. Семёнов, О. А. Неклюдов и др. / Матер. XI Междунар. симпозиума «Применение анализаторов МАЭС в промышленности». Новосибирск, Академгородок. – 2011. – С. 70 – 73.
3. Пат. 134319 от 31.01.2013 Россия, МПК G 01 J 3/50. Спектрометр с блоком обработки данных влияющих факторов [Текст] / А. А. Кузнецов, В. А. Слептерев, А. В. Шахов // Опубликовано 10.11.2013 бюл. №31.
4. David MacKay. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge University Press. – 2003.
5. Кузнецов, А. А. Реализация мобильных градуировочных характеристик приборов спектрального анализа материалов с использованием виртуальных эталонов / А. А. Кузнецов, В. А. Слептерев, А. В. Пелезнев // Омский научный вестник. – 2013. – №3(125). – С. 241 – 246.

УДК 681.518.5

А. В. Костюков, А. В. Зайцев

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В статье приведены предпосылки создания и обоснование применения критериев вибрационного состояния узлов колесно-моторных блоков электроподвижного состава, обеспечивающих повышение эффективности эксплуатации, ремонта и технического обслуживания электроподвижного состава за счет повышения достоверности диагностирования и сокращении затрат на ее реализацию.

Неотъемлемой частью обеспечения бесперебойности и безопасности движения электроподвижного состава (ЭПС) является применение средств технического диагностирования ответственных узлов на всех этапах эксплуатации подвижного состава.

Практическое решение прикладных задач диагностики состоит в том, чтобы отыскать диагностические признаки, которые однозначно связаны с соответствующими структурными параметрами, определяющими основные причины деградации технического состояния объекта. Эти диагностические признаки должны быть практически взаимно статистически независимы между собой и должны соответствовать взаимно статистически независимым между собой классам неисправностей и дефектов объекта [1].

Для диагностики узлов колесно-моторных блоков (КМБ) используется вибродиагностический метод, основанный на анализе сигналов вибрации, регистрируемых пьезоэлектрическими виброизмерительными преобразователями. Для контроля технического состояния оборудования, как правило, используют общий уровень (среднее квадратическое значение) виброускорения, виброскорости и виброперемещения, а для определения конкретных неисправностей применяют спектральный анализ огибающей виброускорения [2]. Определение нормативных показателей производится на основании статистического метода, учитывающего вероятностные процессы изменения технического состояния подшипниковых узлов КМБ. Таким образом, статистическое определение диагностических параметров для подшипниковых узлов КМБ подвижного состава составляет одну из основ диагностирования.

Процесс диагностирования КМБ осуществляется непосредственно под электропоездом путем вывешивания колесной пары на домкратах. Датчики вибрации устанавливаются на КМБ в соответствии с измерительными точками – на наиболее ответственные узлы КМБ [3].

В некоторых случаях, когда требуется высокая надежность распознавания (большая стоимость пропуска цели и ложной тревоги), целесообразно ввести зону неопределенности (зону отказа от распознавания); отказ от распознавания является нежелательным событием, он свидетельствует, что имеющейся информации не достаточно для принятия решения и нужны дополнительные сведения [4].

Выбор и принятие решения, зачастую, происходят в условиях многокритериальности требований, нечеткости и неполноты исходной информации. Поскольку решение, так или иначе, должно быть принято, то недостаток информации может быть восполнен лишь людьми на основе их опыта и интуиции. При недостатке объективной количественной информации эффективность любого метода многокритериального выбора в значительной степени зависит от способа представления и использования знаний специалистов, от имеющейся качественной информации об объекте управления. Следовательно, необходимы подходы, учитывающие субъективные оценки, знания и предпочтения специалистов. В связи с этим возникает потребность в создании удобных и достаточно надежных методов многокритериального выбора лучших решений на основе использования экспертных знаний и нечеткого распознавания ситуаций, в разработке соответствующих процедур построения и применения моделей выбора и принятия решений [5].

Основные критерии оценки вибрационного состояния согласно ГОСТ ИСО 10816-1-97 [6]: зоны вибрационного состояния; границы зон состояний; оценка изменения значения параметра вибрации по сравнению с предварительно установленным эталонным значением; предельные уровни вибрации; частотные составляющие вибрации; вибрационная чувствительность.

Дефекты подшипников качения могут быть распознаны в процессе измерения вибрации по характерным частотам их дефектов. Значения частот дефектов рассчитывают исходя из конструктивных размеров подшипников. При этом считается, что элементы подшипника представляют собой планетарную передачу и между ними не существует проскальзывания. Однако, возможно проскальзывание внутреннего кольца подшипника относительно тел качения. Предложенная в работе [7] диагностическая модель расчета частот дефектов подшипников качения учитывает флуктуации, вызванные проскальзыванием тел качения относительно колец подшипника, что обуславливает нечеткость информации о параметрах вибрации.

На параметры вибрации, в том числе виброускорение, виброскорость, виброперемещение, оказывают влияние техническое состояние объекта, а также сопутствующие факторы – частота вращения и нагрузка. Предложенная в работе [8] модель (1) показывает, что величина работы силы, а следовательно,

сила и ускорение, пропорциональны частоте вращения подшипника, а также линейному размеру дефекта.

$$A = c \int_0^{\tau} F(t) dt = c_1 \frac{\omega \lambda}{2} (c_2 Q_{cp} + c_3 m), \quad (1)$$

где A - работа силы, Дж;

Q_{cp} - средняя нагрузка на ролик за время взаимодействия деталей, Н;

m - приведенная масса, кг; r - радиус внутренней обоймы, м;

h, λ - глубина и ширина дефекта (трещина, скол и т.д.), м;

c_1, c_2, c_3 - коэффициенты, характеризующие профиль, упругие свойства разрушенной поверхности, скорость акустических колебаний в металле.

Исходя из анализа модели видно, что при наличии дефекта рост вибрации с увеличением частоты вращения будет выше, соответственно, чувствительность диагностических признаков на повышенной частоте вращения выше. Данное обстоятельство предполагает проведение испытаний на повышенных частотах вращения колесной пары, однако, это сопряжено с дополнительными затратами (энергии, времени, ресурсов и т.д.), а также снижением уровня безопасности при проведении диагностирования. Кроме того, затруднительно четко определить границу значений диагностических признаков вибрации, разделяющую исправное и неисправное состояние, ввиду взаимного пересечения распределений значений диагностических признаков исправных и неисправных объектов, а также наличие флуктуаций частот дефектов подшипниковых узлов. Все это обуславливает применение инструментов нечеткой логики.

В качестве входных переменных примем значение виброускорения диагностируемого подшипникового узла и частоту вращения вала, выходным значением будет результат диагностирования. Используя экспертный подход, введем лингвистические термы «низкое», «среднее» и «высокое». Таким образом, получаем привязку значений виброускорения к определенному терму.

На основе полученных лингвистических термов для входных переменных запишем нечеткие правила.

правило №1. Если значение виброускорения на базовой частоте вращения «низкое», то объект диагностирования – исправен.

правило №2. Если значение виброускорения на базовой частоте вращения «высокое», то объект диагностирования – неисправен.

правило №3. Если значение виброускорения на базовой частоте вращения «среднее», то необходимо дополнительное диагностирование на повышенной частоте вращения.

правило №4. Если значение виброускорения на повышенной частоте вращения «низкое», то объект диагностирования – исправен.

правило №5. Если значение виброускорения на повышенной частоте вращения «высокое», то объект диагностирования – неисправен.

Предложенная модель принятия решений позволяет оценивать техническое состояние КМБ ЭПС в условиях нечеткости информации о параметрах вибрации.

Для оценки достоверности диагностирования в соответствии с предлагаемым способом предложена модель расчета вероятности ложной тревоги и пропуска дефекта, с учетом логнормального закона распределения диагностических признаков.

Вероятность ложной тревоги (2) и пропуска дефекта (3), при двух испытаниях с учетом зоны неопределенности, определим как вероятность суммы двух несовместных событий:

$$P_{ЛТ}^{3H} = P_{S[b]}(X_{[b]} > X_{B[b]}) + P_{S[b]}(X_{H[b]} < X_{[b]} < X_{B[b]}) \times P_{S[h]}(X_{[h]} > X_{KP[h]}) =$$

$$= \int_{X_{B[b]}}^{\infty} \frac{1}{x \cdot \sigma_{S[b]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{S[b]}}{\sigma_{S[b]}} \right)^2} dx + \left(\int_{X_{KP[h]}}^{\infty} \frac{1}{x \cdot \sigma_{S[h]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{S[h]}}{\sigma_{S[h]}} \right)^2} dx \right) \times$$

$$\times \left(\int_{X_{H[b]}}^{X_{B[b]}} \frac{1}{x \cdot \sigma_{S[b]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{S[b]}}{\sigma_{S[b]}} \right)^2} dx \right) \quad (2)$$

$$P_{ПД}^{3H} = P_{d[b]}(X_{[b]} < X_{H[b]}) + P_{d[b]}(X_{H[b]} < X_{[b]} < X_{B[b]}) \times P_{d[h]}(X_{[h]} < X_{KP[h]}) =$$

$$= \int_{X_{B[b]}}^{\infty} \frac{1}{x \cdot \sigma_{S[b]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{S[b]}}{\sigma_{S[b]}} \right)^2} dx + \left(\int_0^{X_{KP[h]}} \frac{1}{x \cdot \sigma_{d[h]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{d[h]}}{\sigma_{d[h]}} \right)^2} dx \right) \times$$

$$\times \left(\int_{X_{H[b]}}^{X_{B[b]}} \frac{1}{x \cdot \sigma_{d[b]} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - M_{d[b]}}{\sigma_{d[b]}} \right)^2} dx \right) \quad (3)$$

Таблица 1

Обозначение параметров, для расчета вероятностей ложной тревоги и пропуска дефекта в соответствии с формулами 2 и 3.

Частота вращения КП	Исправные узлы		Неисправные узлы		Критическое значение	
	Мат. ожидание	СКО	Мат. ожидание	СКО	нижнее	верхнее
$N_{[b]}$	$M_{S[b]}$	$\sigma_{S[b]}$	$M_{d[b]}$	$\sigma_{d[b]}$	$X_{H[b]}$	$X_{B[b]}$
$N_{[h]}$	$M_{S[h]}$	$\sigma_{S[h]}$	$M_{d[h]}$	$\sigma_{d[h]}$	$X_{KP[h]}$	

График изменения вероятности безошибочного диагностирования от изменения границ зоны неопределенности, с учетом диагностирования при двух скоростных режимах – базовой и повышенной частотах вращения КП, приведен на рис.

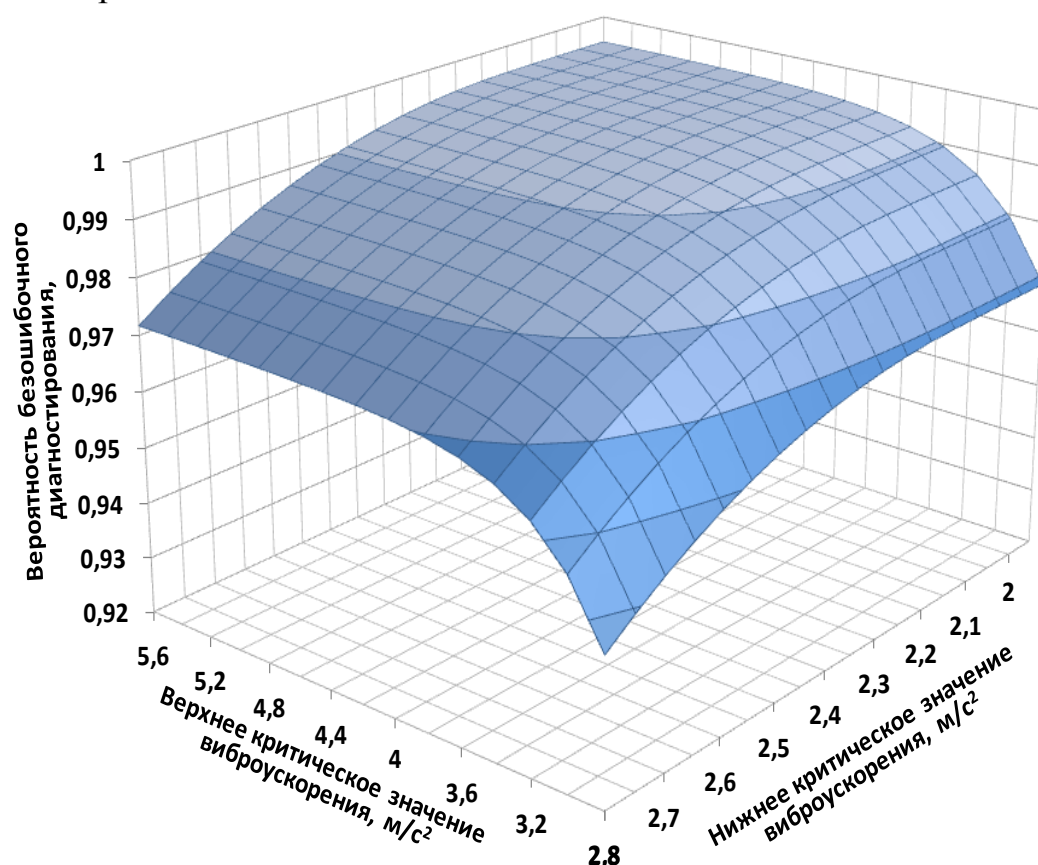


Рис. График изменения вероятности безошибочного диагностирования при изменении верхней и нижней границы зоны неопределенности

Как видно из рис. увеличение зоны неопределенности увеличивает вероятность безошибочного диагностирования с 94,4% до 99,5% относительно

диагностирования без зоны неопределенности, тем самым максимально гарантирует надежность работы и бесперебойность перевозочного процесса.

Таким образом, предложено научно-обоснованное техническое решение, обеспечивающее повышение эффективности эксплуатации, ремонта и технического обслуживания ЭПС за счет увеличения значения достоверности диагностирования до 99% при сокращении продолжительности испытаний на основе разработки системы определяющих критериев оценки вибрационного состояния КМБ ЭПС:

- частотные составляющие вибрации, описывающие дефекты подшипников;
- зона неопределенности Биргера значений диагностических признаков, как класс вибрационного состояния узлов КМБ;
- верхняя и нижняя границы зоны неопределенности.

Список литературы

1. Костюков, В. Н. Мониторинг безопасности производства [текст] / В. Н. Костюков. – М. : Машиностроение, 2002. – 224 с.
2. Иориш, Ю. И. Виброметрия. [текст] / Ю. И. Иориш - М.: Машиностроение, 1963. – 771с.
3. Костюков, А. В. Автоматическая система оценки состояния узлов электроподвижного состава. В том числе колесно-моторных блоков и колесных пар [текст] / А. В. Костюков, А. А. Лагаев, А. В. Зайцев // Мир транспорта. – 2010. – №10. – С. 70 – 74.
4. Биргер, И. А. Техническая диагностика [текст] / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.
5. Глушань, В. М. Нечеткие модели и методы многокритериального выбора в интеллектуальных системах поддержки принятия решений [текст] / В. М. Глушань, В. П. Карелин, О. Л. Кузьменко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. Выпуск № 4, 2009. – с 106-113.
6. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования. Минск: ИПК Издательство стандартов, 1998. – 12с.

7. Зайцев, А. В. Моделирование дефектов подшипников качения с учетом проскальзывания тел качения [текст] / А. В. Зайцев, В. Н. Костюков // Наука, образование, бизнес: науч. – практ. конф. – Омск, 2007. – С. 76 – 79.

8. Костюков, В. Н. Исследование вибрации подшипниковых узлов подвижного состава при изменении частоты вращения [текст] / В. Н. Костюков, А. В. Зайцев, В. В. Басакин //Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: Материалы всероссийской научно – технической конференции с международным участием // Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2012. – С. 92 – 97.

УДК 621.313

А. А. Рауба

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

В статье дан краткий анализ основных неисправностей коллекторов тяговых электродвигателей, обозначены проблемы, связанные с операцией по обточке рабочей поверхности коллекторов, выявлены факторы, в значительной степени влияющие на качество обработанной поверхности, дана оценка влияния этих факторов на качество рабочей поверхности коллектора. Получена математическая модель, описывающая влияние режимов резания на шероховатость рабочей поверхности коллекторов.

Дефекты, возникающие в процессе эксплуатации:

- выступание одной или группы коллекторных или миканитовых пластин, причина дефекта связана с собственной вибрацией ТЭД;
- механический износ (царапины, выщербины, износ рабочей поверхности). (Механический износ может быть вызван попаданием пыли, абразивных частиц и частиц щеточного материала на рабочую поверхность коллектора);
- подгар пластин коллектора, электроэрозионный износ. (Электроэрозионный износ может быть вызван повышенным искрением под щетками и возникновением кругового огня).

В процессе эксплуатации поверхность коллектора неравномерно изнашивается, на ней могут возникать задиры, величина биения коллектора может превышать допустимую норму. Иногда износ коллекторных пластин достигает такой величины, при котором миканитовые прокладки между пластинами и сами пластины оказываются на одном уровне.

Для выведения следов износа и восстановления правильной геометрической формы коллектор в условиях депо обтачивают.

Из-за конструктивной особенности коллектора его обработка представляет собой точение прерывистой поверхности, при которой режущий инструмент испытывает ударную нагрузку.

Поэтому необходимо исследовать процесс обработки меди резанием. Определить факторы, в значительной степени влияющие на качество обработанной поверхности. Оценить степень влияния этих факторов на качество рабочей поверхности после обточки.

Критерием, характеризующим качество рабочей поверхности коллектора, является шероховатость поверхности, регламентированное значение данного параметра должно составлять $Ra = 3$ мкм.

На шероховатость поверхности влияют следующие факторы:

- геометрия режущего инструмента (углы в плане, радиус скругления режущей кромки при вершине резца, углы в главной секущей плоскости);
- материал режущего инструмента, который характеризуется его стойкостью;
- жесткость оборудования;
- режимы резания (скорость резания, величина подачи режущего инструмента, глубина резания).

После оценки вышеуказанных факторов выявлены факторы, в значительной степени оказывающие влияние на шероховатость рабочей поверхности коллектора после обточки. Ими стали скорость резания, величина подачи, материал режущей части.

Для оценки влияния материала режущей части на шероховатость поверхности было проведено экспериментальное исследование, заключающееся в следующем: медный цилиндр марки М1 диаметром 28 мм обтачивался инструментами с режущей частью из различных инструментальных материалов (быстрорежущая сталь Р6М5, твердый сплав

Т14К8 и синтетический алмаз типа «Карбонадо»), с единой геометрией (главный угол резания $\gamma = 2^\circ$, вспомогательный угол резания $\alpha = 13^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 60^\circ$, радиус при вершине $r = 0,4$ мм), с едиными режимами резания (глубина резания $t = 0,25$ мм, подача $s = 0,1$ мм/об, скорость резания V , мм варьировалась в процессе обработки). В результате эксперимента был построен график зависимости параметра шероховатости поверхности Ra от скорости резания (рис. 1).

Согласно построенным зависимостям можно сделать вывод, что наилучшие результаты показал резец с режущей частью из синтетического алмаза. При увеличении скорости резания (зависимость 2) шероховатость поверхности снижается, процесс резания характеризуется стабильностью, с увеличением скорости резания в интервале значений от 60 м/мин шероховатость поверхности уменьшается незначительно.

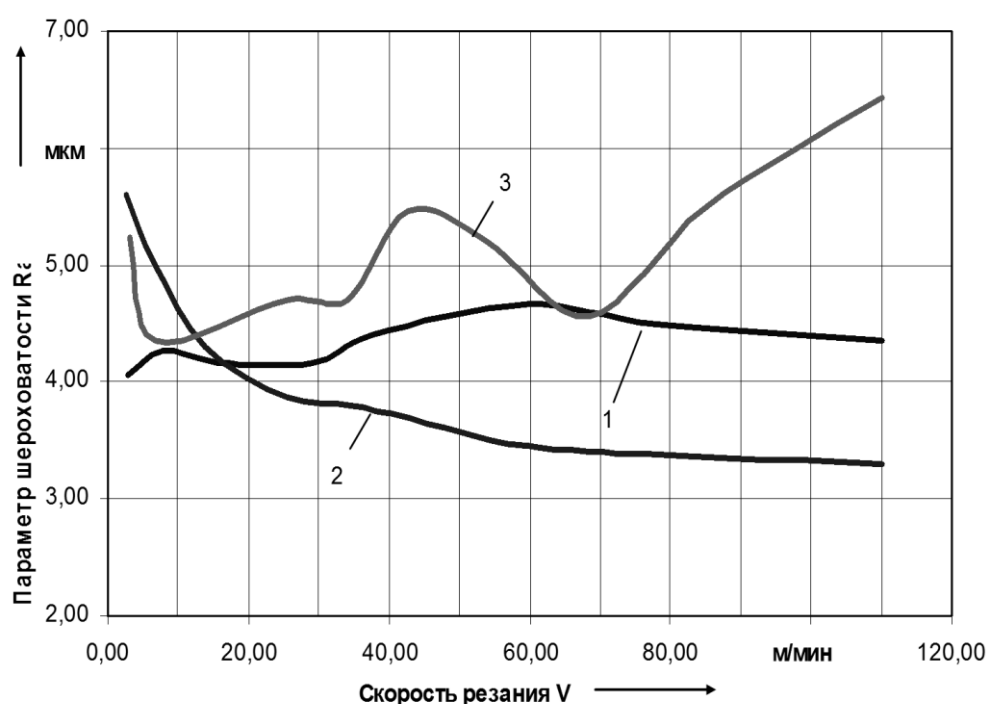


Рис. 1. Шероховатость поверхности после обработки: 1 – Т14К8; 2 – алмаз; 3 – Р6М5

Для оценки степени влияния режимов резания (скорости резания и подачи) на шероховатость поверхности была получена математическая модель с использованием композиционных планов второго порядка:

$$\hat{y} = 5,7 + 0,285x_1 + 3,196x_2 - 0,228x_1^2 + 0,317x_2^2 + 0,247x_1x_2, \quad (1)$$

где x_1 – скорость резания V , м/мин;

x_2 – величина подачи, с мм/об.

Полученная модель оказалась адекватна, т.к. вычисленное значение критерия Фишера $F = 5,43$ оказалось меньше теоретического $F_{0,05;3;4} = 6,59$.

Каждой точке линий равного отклика соответствуют режимы обточки коллектора, обеспечивающие заданную шероховатость в пределах исследуемых значений. Используя линии равного отклика, можно подобрать режимы, обеспечивающие минимальное значение Ra обрабатываемой поверхности. Для перехода от кодированных значений в натуральные используются выражения:

$$V = 60 + 30 \cdot x_1, \quad (2)$$

$$s = 0,1 + 0,05 \cdot x_2. \quad (3)$$

Для примера рассмотрим точки 1 и 2, которым соответствует заданная шероховатость $Ra = 3$ мкм (рис. 2):

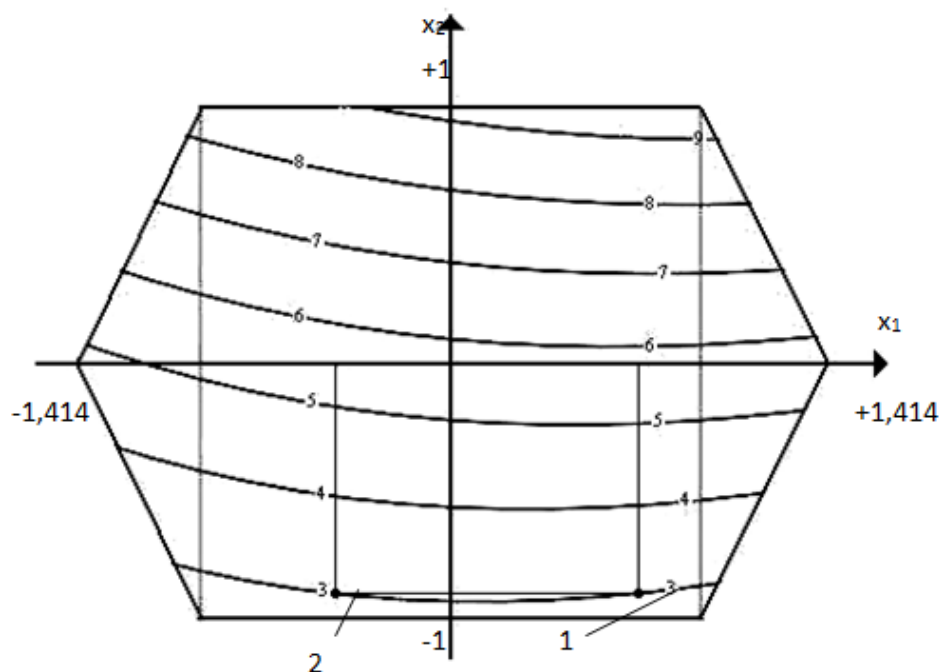


Рис. 2. Контурные кривые поверхности равного отклика

Координаты точки 1 – $x_1 = 0,7$; $x_2 = -0,9$. Подставляя эти значения в (2) и (3) получим: $V = 60 + 30 \cdot 0,7 = 81$ м/мин;

$$s = 0,1 - 0,05 \cdot 0,9 = 0,055 \text{ мм/об.}$$

Координаты точки 2 – $x_1 = -0,45$; $x_2 = -0,9$.

$$V = 60 - 30 \cdot 0,45 = 46,5 \text{ м/мин}; s = 0,1 - 0,05 \cdot 0,9 = 0,055 \text{ мм/об.}$$

С точки зрения производительности при обточке коллектора точка 1 является более предпочтительной т.к. при одной и той же величине подачи скорость резания во втором случае меньше, следовательно, и производительность ниже.

Выводы: в результате исследования процесса механической обработки рабочей поверхности коллектора были выявлены факторы, в значительной степени влияющие на шероховатость поверхности коллектора. Такими факторами стали – материал режущей части инструмента, скорость резания и величина подачи. Была дана оценка влияния материала режущего инструмента на шероховатость, построены соответствующие зависимости параметра шероховатости R_a от скорости резания. Лучшим среди используемых инструментальных материалов для обточки коллекторов признан синтетический алмаз типа «Карбонадо». Так же было оценено влияние скорости резания и величины подачи на шероховатость поверхности коллектора. Полученное уравнение регрессии можно использовать для поиска рациональных режимов резания при механической обработке рабочей поверхности коллектора.

Список литературы

1. Вульф, Л. М. Основы резания металлов. / Л. М. Вульф. Л.: Машгиз, 1954 г., 327 с.
2. Спирин, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. – Екатеринбург, 2004 г. – 258 с.
3. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский – Издательство «Наука», М., 1976 г. – 278 с.

УДК 621.91:621.9.08

А. В. Обрывалин

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ВАГОННЫХ КОЛЕС

В статье рассмотрены основные проблемы, связанные с восстановлением работоспособности вагонных колес. Оптимизирована технологическая документация на механическую обработку профиля катания вагонного колеса при устранении эксплуатационных дефектов. Предложено измерительное устройство для оценки точности и соответствия, обработанного профиля катания колеса требованиям нормативно-технической документации. Введен дополнительный параметр оценки качества механической обработки вагонного колеса в ремонтном производстве. Разработанные технологические и технические решения, позволят повысить качество ремонта вагонных колес и продлить их срок службы.

Качество ремонта влияет на эксплуатационную надежность деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта, а также их срок службы. Объектом исследования является колесная пара грузового вагона. Известно, что срок службы вагонных колес зависит от степени их повреждаемости (изнашивания) в эксплуатации. По технологическому признаку дефекты вагонных колес можно разделить на две группы: не устраняемые (браковочные) и устраняемые в ремонтном производстве (износы и повреждения) [1].

Основным способом устранения различного рода износов и повреждений профиля катания железнодорожных колес является их обтачивание на колесотокарных станках твердосплавным режущим инструментом.

Качественный ремонт вагонного колеса одна из главных задач, которая ставится при ремонте колесной пары в целом.

Основными показателями для оценки качества ремонта вагонных колес являются: точность размеров, формы, взаимного расположения поверхностей, шероховатость и состояние поверхностного и подповерхностного слоя металла колеса. Кроме выше указанных, предлагается ввести дополнительный показатель «уменьшение толщины обода», который определяется как разность диаметров колеса до обточки и после, данный показатель оказывает существенное влияние на срок службы колеса.

Для повышения качества ремонта нужно выполнить факторный анализ выше приведенных показателей. Для этого воспользуемся одним из «семи

инструментов управления качеством», а в частности построим причинно-следственную диаграмму (диаграмма Исикава) влияния факторов на качество ремонта вагонного колеса (рис. 1) [2].

Качество ремонта вагонного колеса зависит от множества факторов. Для наглядности влияния факторов на качество ремонта используем один из «семи инструментов контроля качества» – диаграмма Исикавы или причинно-следственная диаграмма.



Рис. 1. Факторы, влияющие на качество ремонта вагонного колеса в виде диаграммы Исикава

Из представленной диаграммы следует, что основными факторами, влияющими на качество ремонта колеса, являются человеческий фактор, состояние оборудования и инструмента, технология ремонта и окружающая среда.

Анализ технологического процесса ремонта колесных пар грузовых вагонов, показал, что особо значимыми являются человеческий фактор и технология ремонта. Так на настоящее время в условиях ремонтного производства отсутствует четко выработанная и стабильная методика назначения припуска на механическую обработку вагонного колеса. В качестве нормативно-технической документации в ремонтных вагонных депо при

выполнении ремонта колесных пар используют типовой технологический процесс и ремонтную карточку, заполняемую на каждую колесную пару.

Типовой технологический процесс не предусматривает указания режимов обработки, таких как скорость резания, подача инструмента, глубина резания и количество проходов режущего инструмента, так как колесные пары поступают с разными дефектами и соответственно размерами. В ремонтной карточке также данная информация не отражена, в ней указывается информация в большей степени учетного характера, а не технологического.

Припуск на обработку назначает сам рабочий (токарь), исходя из своего производственного опыта. Это приводит к ряду негативных последствий. Например, если назначить чрезмерно большой припуск на механическую обработку, то это может привести к потерям полезного слоя металла расходуемого в стружку, а это значительно сокращает срок службы вагонного колеса; к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии; к увеличению трудоемкости и себестоимости механической обработки. Если же назначить недостаточный размер припуска, то не будет обеспечиваться удаление дефектных слоев материала, а это в свою очередь в дальнейшем может послужить причиной зарождения и развития на поверхности катания дефектов усталостного происхождения (выщербин 2-го рода), и, как следствие, уменьшение пробега колесной пары между обточками и срока эксплуатации в целом [3].

Исходя из выше изложенного, ставится проблема по минимизации влияния человеческого фактора и оптимизации технологического процесса в условиях ремонтного производства путем разработки соответствующих мероприятий.

Минимизировать влияние человеческого фактора в технологическом процессе возможно путем разработки четких носящих директивный характер решений, а также механизации и автоматизации технологического процесса или отдельных его этапов.

В общем виде технологический процесс ремонта вагонного колеса можно представить виде следующих этапов: очистка, входной контроль, механическая обработка и выходной контроль.

Так на этапе механической обработки предлагается использовать технологическую карту механической обработки колесной пары, представленную на рис. 2.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕСНОЙ ПАРЫ					
Предприятие		порядковый №		Колесной пары №	
Дата поступления		№ вагона или наимен. предприятия		Дата и пункт	
				Собственник	
		изготовления		последнего формирования	
				последнего полного освидетельствования	
Дефекты		правое колесо		левое колесо	
код и наименование дефекта					
размер дефекта					

Вид обработки	Режимы резания			Число проходов	Машинное время T_m , мин
	V, м/мин	S, об/мин (м/мин)	t, мм		

Технолог	подпись, дата	(ФИО)
Мастер цеха	подпись, дата	(ФИО)
Ответственный исполнитель	подпись, дата	(ФИО)

Размеры колесной пары							
до механической обработки				после механической обработки			
диаметр колеса по кругу катания		толщина обода		диаметр колеса по кругу катания		толщина обода	
правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо	правое колесо	левое колесо

Контролер	подпись, дата	(ФИО)
Начальник цеха	подпись, дата	(ФИО)

Рис. 2. Технологическая карта механической обработки колесной пары

Отличается от ремонтной карточки, которая применяется в депо тем, что введены дополнительные поля, в которых указываются технологические параметры. Данная карта формируется автоматически при помощи программного продукта на основании исходных данных, вводимых технологом по результатам входного контроля. Так в качестве исходных данных предлагается использовать следующие параметры: сезон (осень, зима, лето, весна), диаметр колеса до механической обработки, код дефекта и его наименование, размер дефекта.

Кроме того, на этапе входного контроля при наличии на поверхности катания дефекта термомеханического повреждения предлагается наносить на торцевую поверхность обода колеса метку краской, как это показано на рис. 3.

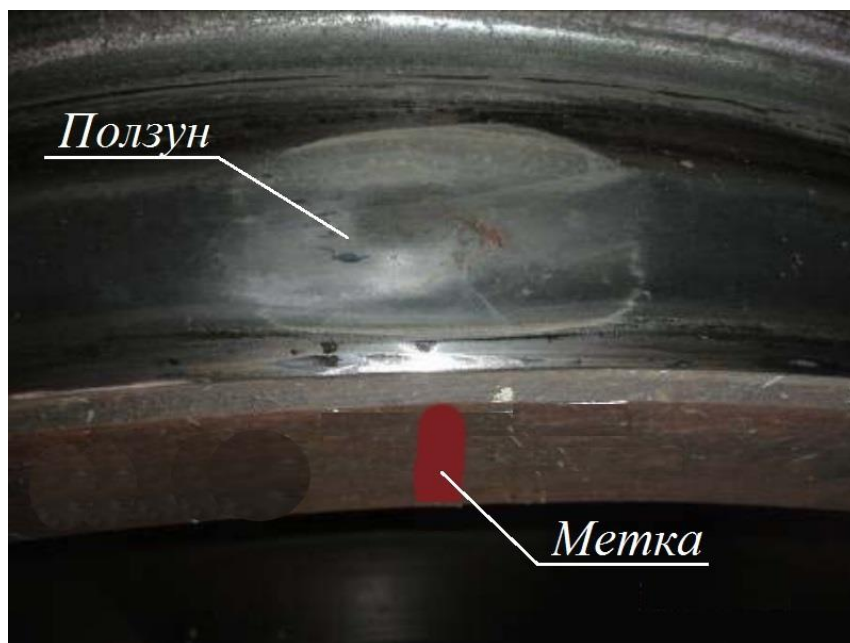


Рис. 3. Нанесение метки в области ползуна

Данная метка определяет место проведения измерений на этапе выходного контроля на предмет соответствия профиля катания техническим требованиям чертежа. Для проведения измерения предлагается применять измерительное устройство схема, которого приведена на рис. 4.

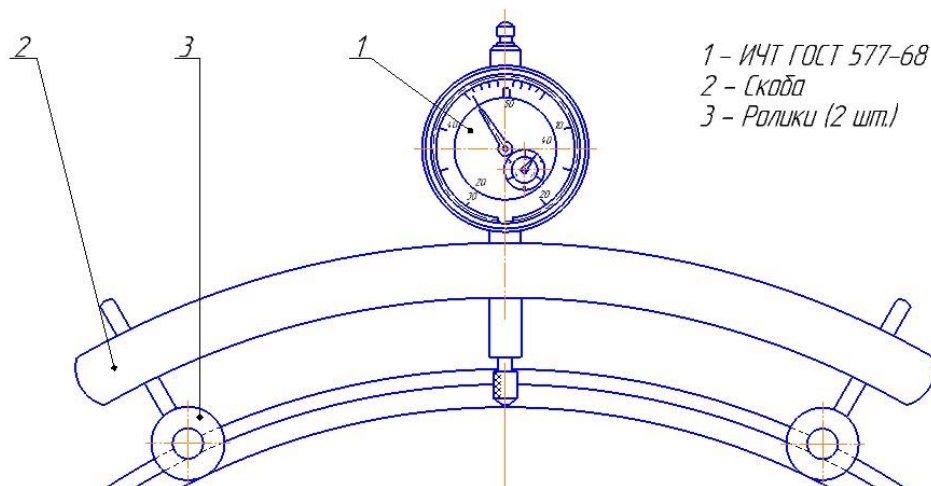


Рис. 4. Устройство для измерения макронеровности на поверхности колеса

Заключение о качестве ремонта вагонного колеса принимается на основании соответствия профиля катания и его поверхностей техническим требованиям чертежа и нормативно-технической документации, а также дополнительно предлагаемому параметру уменьшение толщины обода, который равен припуску на механическую обработку и должен быть не более,

чем на 20% больше величины дефектного слоя металла вагонного колеса. Выдержка этого требования позволит продлить срок службы колеса и колесной пары в целом за счет снижения расхода полезного слоя металла в стружку.

Список литературы

1. Инструкция по техническому обслуживанию вагонов в эксплуатации ЦВ-ЦЛ-408 [Текст]: Утверждена Советом по железнодорожному транспорту Государств – стран участников Содружества, протокол от 21-22 мая 2009 г. №50.

2. Федюкин, В. К. Управление качеством производственных процессов / [Текст] / В. К. Федюкин. 2-е изд., стер. // М.: КНОРУС, 2016. – 230 с.

3. Обрывалин, А. В. Продление срока службы вагонных колес, поступающих в ремонт с дефектами термомеханического происхождения [Текст] / А. В. Обрывалин, Н. А. Кваскова // Известия Транссиба. Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск, 2015. – №1(21). – С. 44 – 49.

УДК 629.4.018

А. В. Смольянинов

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАТКОВОЙ СТАНЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Статья посвящена вопросам повышения качества ремонта железнодорожного подвижного состава. Автор предлагает включить в технологический процесс ремонта подвижного состава диагностическое оборудование – катковую станцию. Предлагаемый диагностический комплекс позволит создать базу данных спектральных образов неисправностей ходовых частей подвижного состава. Для полноты диагностирования технического состояния была предложена математическая модель движения железнодорожной тележки на катковой станции. Предложенная методика позволит не только повысить достоверность операции диагностики подвижного состава перед постановкой его в ремонт, но и произвести испытания и регулировку экипажной части после ремонта.

Современная система ремонта подвижного состава имеет ряд недостатков, один из которых связан с несовпадением моментов времени

проявления дефекта некоторого узла с моментом времени изъятия подвижной единицы из эксплуатации для обслуживания или ремонта.

В тоже время, для сокращения числа внеплановых заходов подвижного состава в ремонт необходим плавный переход на комбинированную систему ремонта, включающую как основную, планово-предупредительную систему ремонта, так и ремонт по фактическому состоянию.

В процессе эксплуатации подвижного состава в элементах ходовых частей возникают неисправности колесных пар, буксовых узлов, элементов рессорного подвешивания, привода и рамы тележек.

При диагностировании ходовых частей в условиях эксплуатации в основном используют функциональные методы и технические средства диагностирования, позволяющие определить параметры плавности перемещения и нагруженность конструкций.

В качестве основных диагностических параметров принимают амплитуды виброускорений узлов экипажной части подвижной единицы.

Настоящая статья направлена на повышение эффективности технического обслуживания и ремонта железнодорожного подвижного состава на основе внедрения системы испытаний и технической диагностики повышающей достоверность состояния объекта. Одним из обязательных элементов этой системы является катковая станция.

Катковые станции являются физической моделью дороги. Их размещают в специально оборудованных помещениях на путях депо. На таких стендах воспроизводят условия движения близкие к эксплуатационным в диапазоне скоростей до 200 км/ч.

В последнее время на железнодорожном транспорте происходит бурное развитие средств вибродиагностики и неразрушающего контроля с использованием мониторинга. Создаются библиотеки и базы данных о дефектах и их диагностических признаках. Автоматизируется и централизуется хранение и использование этих данных.

Планово-предупредительная система ремонта становится все более гибкой и, как показывает отечественная и зарубежная практика, в большой степени отвечает требованиям поддержания локомотивов и вагонов в работоспособном состоянии.

На железных дорогах мира созданы управляющие автоматизированные системы по ремонту и эксплуатации локомотивов и вагонов, устройства технической диагностики комплексного применения, позволяющие дифференцировать сроки выполнения ремонтов. В условиях жесткой конкуренции необходимо максимально экономично использовать железнодорожный подвижной состав, сводя к минимуму издержки. Это возможно при высокой его надёжности и больших ресурсах узлов и агрегатов.

Повышение надёжности железнодорожной техники и снижение эксплуатационных расходов достигается совершенствованием системы обслуживания и ремонта на основе сбора, систематизации, обработки и анализа больших объёмов информации о техническом состоянии подвижного состава. Это возможно только при использовании средств технической диагностики и вычислительной техники.

Для технического диагностирования (испытания) транспортных средств, в частности подвижного состава, необходимы устройства, которые накладывали бы на них определённые воздействия (силовые, электрические, магнитные и т.п.), при этом воздействия должны иметь такой же характер, что и эксплуатационные. В этом случае достоверность снимаемых характеристик диагностирования будет высокой.

Для испытания и диагностирования локомотивов и моторвагонного подвижного состава предлагается катковая станция (рис. 1). Она предоставляет возможность проводить эксплуатационные испытания подвижного состава как до ремонта, так и после ремонта (контроль ремонта, обкатка).

На опорные ролики 7 опираются катки 2, установленные с возможностью вращения вокруг своей вертикальной оси. На катки опираются колеса 1 тележки 3. Фиксируют тележку гидравлическими растяжками (на рисунке не показаны). Каждый каток по периферии имеет профиль головки стандартного рельса. В центральной части стенда установлен силовой гидроцилиндр 4, гильза которого шарнирно связана с основанием, а шток соединяется с подпятниковым узлом 5 надрессорной балки 6 тележки 3.

Стенд может иметь привод на катки для испытаний тележек прицепных вагонов. При испытании моторных тележек, крутящий момент создают собственные двигатели тележки.

После выхода на заданный по регламенту испытаний режим скорости подают рабочую жидкость в штоковую полость цилиндра 4. Под действием давления в штоковой полости поршень со штоком смещаются вниз, создавая усилие растяжения в системе, притягивая тележку к основанию стенда. Таким образом, прикладывается *нагрузка*, имитирующая ту часть массы подвижного состава и груза, которая приходится на тележку.

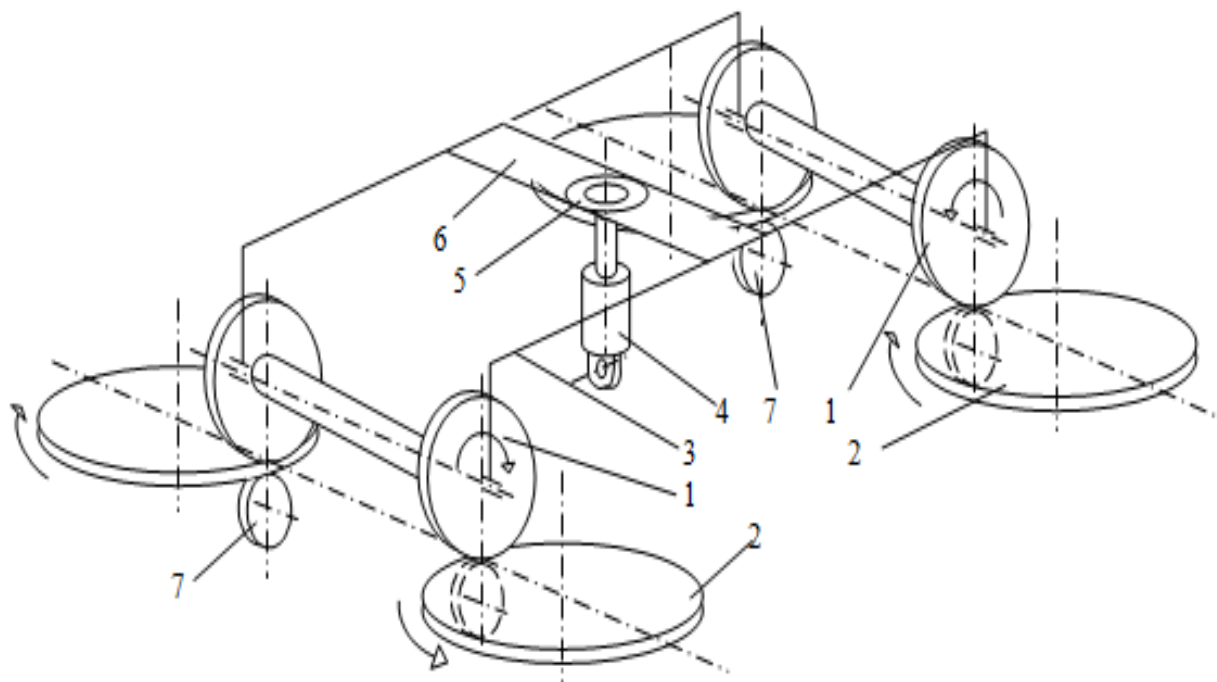


Рис. 1. Схема катковой станции

Применение в данном стенде гидравлического нагружателя в виде силового цилиндра позволит повысить достоверность диагностики, т.к. он создает реальные нагрузки на транспортное средство, максимально близкие к тем, которым оно подвергается в составе вагона на магистрали. Кроме того, схема фиксирования тележки на стенде позволяет ей совершать те же движения (виляние, галопирование и т.п.), что и при реальном движении по пути.

Известно, что процесс качения стального железнодорожного колеса по стальному рельсу сопровождается следующими условиями: высокая удельная нагрузка в зоне контакта, качение колеса со скольжением, наличие в зоне контакта песка, воды, смазки и т.п.

Предложенная конструкция катковой станции имеет катки, вращающиеся в горизонтальной плоскости, реализуя, как бы, движение экипажа в кривой с радиусом меньше метра, причем оба «рельса» расходятся, то есть оба колеса

колесной пары движутся по внутреннему рельсу кривой, чего нет в реальном движении. На катковую станцию устанавливается одна тележка и крепится она не по тем поверхностям и элементам (шкворневой узел, скользуны), которыми она взаимодействует с кузовом, а другими элементами (за углы рамы тележки), что не соответствует реальным условиям.

Источником возмущений для реального железнодорожного подвижного состава является путь с неровностями $\eta_1(t)$ и $\eta_2(t)$. Характер этих функций случайный. Обусловлен он как макронеровностями, так и микронеровностями пути, также влияют: состояние пути, наличие посторонних тел и веществ в зоне контакта колес и рельсов, скорость движения экипажа, и другие факторы.

Таким образом, приведенная катковая станция не может в полной мере создать такие же условия работы экипажной части, как в эксплуатации. Это происходит из-за того, что опорные поверхности катковой станции (катки) моделируют процессы взаимодействия колеса и катка иного характера, чем процессы взаимодействия колеса и рельса. Отличаются жесткость, профиль опорной поверхности, отсутствие на тележке кузова. Все эти различия приведут к искажению поведения тележки. Следовательно, катковая станция не может быть использована, как модель железнодорожного полотна, а лишь, как средство прокрутки колесных пар. Для моделирования движения тележки, подобного эксплуатационному, предлагается искусственно вводить соответствующие воздействия на колесные пары и тележку.

Создать эти нагрузки можно с помощью гидроцилиндров. Управление ими осуществляется элементами гидроавтоматики, которая, в свою очередь, управляется и контролируется компьютерной программой.

На рис. 2 представлена расчетная схема колебаний тележки моторного вагона на катковой станции в вертикальной плоскости.

Такая схема крепления тележки на катковой станции позволит ей совершать вертикальные колебания и повороты вокруг главной оси инерции, перпендикулярной продольной плоскости тележки. Но, дополнительно, внесет жесткость J_R и демпфирование β_R , т.к. часть энергии при перемещении углов тележки будет поглощена гидрооборудованием фиксирующего устройства.

Гидравлическая схема фиксирования и нагружения тележки на катковой станции представлена на рис. 3.

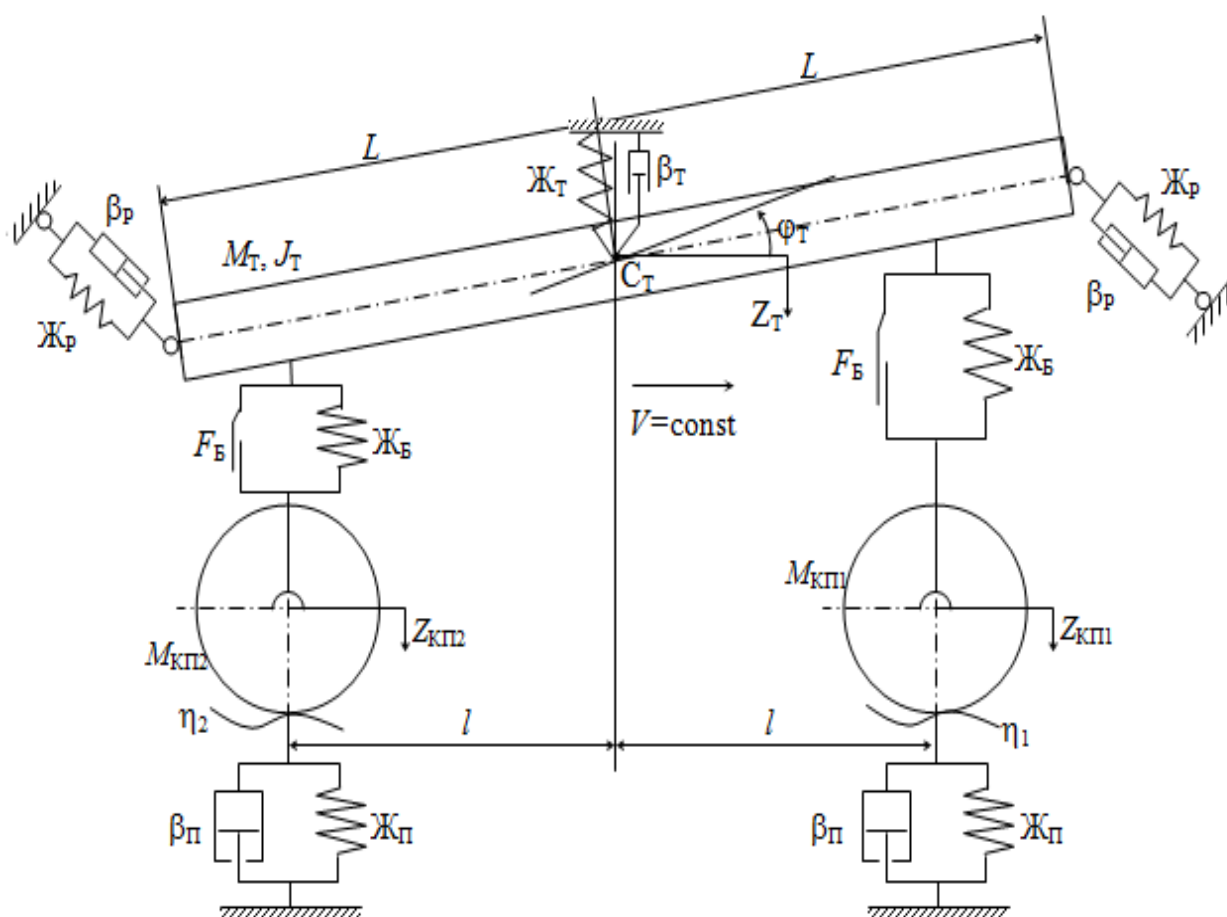


Рис. 2. Расчетная схема колебаний тележки моторного вагона на катковой станции в вертикальной плоскости

Гидравлическая схема состоит из четырех горизонтальных гидроцилиндров, штоки которых прикреплены шарнирно к углам рамы тележки (гидроцилиндры 2 и 3 показаны на рис. 3, а другие два – нет). Следует также иметь в виду, что гидросхема для работы гидроцилиндров 2 и 3 такая же, как и для двух других цилиндров и также подключена к трубопроводам «Н» и «Б». Шток гидроцилиндра 14 крепится к надрессорной балке тележки в шкворневом узле. При отсутствии напряжения на всех обмотках гидрораспределителей 4 и 5, полости 2.1 и 3.2 гидроцилиндров будут связаны между собой. Таким образом штоки гидроцилиндров смогут расходиться или сходиться к тележке только на одинаковые расстояния, сохраняя продольное расположение тележки. Что и обеспечит ей возможность совершать подпрыгивание, откаты, виляние, галопирование и боковую качку.

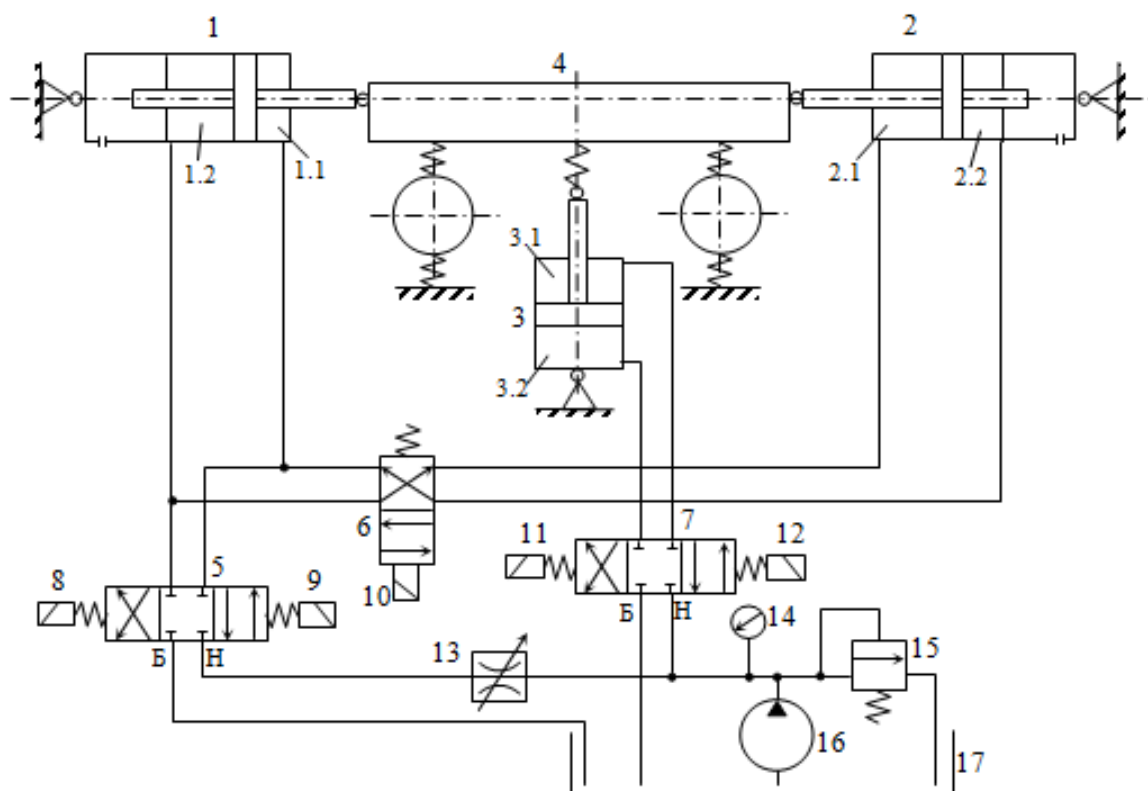


Рис. 3. Гидравлическая схема катковой станции:

1 и 2 – гидроцилиндры с ложными штоками; 3 – гидроцилиндр центральный;
 4 – тележка; 5, 6 и 7 – гидрораспределители; 13 – дроссель; 14 – манометр;
 15 – предохранительный клапан; 16 – гидронасос; 17 – бак

При исследовании колебаний тележки введем следующие допущения. Колесные пары, и рама тележки – твердые тела. Радиусы средних кругов катания всех колес и катков одинаковы. Не будем принимать во внимание перемещения колесных пар относительно обрессоренных частей тележки вдоль осей x и y . Жесткость J рессорного подвешивания принята линейной, сопротивление колебаниям в демпферах β – пропорциональным скорости вертикальных перемещений рессорных комплектов. Данная тележка обладает четырьмя степенями свободы, так как рама тележки и колесные пары не имеют возможности совершать движение в продольной плоскости симметрии.

Вводим следующие обобщенные координаты:

Z_T – подпрыгивание тележки;

φ_T – галопирование тележки;

$Z_{КП1}$ – подпрыгивание первой колесной пары;

$Z_{\text{КП2}}$ – подпрыгивание второй колесной пары.

На расчетной схеме введены такие обозначения:

$J_{\text{Б}}, F_{\text{тр}}$ – жесткость буксового подвешивания моторной тележки и сила сухого трения, развиваемая соответствующими демпферами, установленными между буксой и рамой тележки, соответственно;

$J_{\text{Т}}, \beta_{\text{Т}}$ – жесткость и коэффициент вязкого трения центрального рессорного подвешивания тележки;

$J_{\text{П}}, \beta_{\text{П}}$ – жесткость и коэффициент вязкого трения «пути»;

$J_{\text{Р}}, \beta_{\text{Р}}$ – жесткость и коэффициент вязкого трения растяжек фиксирующего устройства катковой станции;

$M_{\text{Т}}$ – масса обрессоренных частей тележки с учетом тяговых электродвигателей;

$J_{\text{Т}}$ – момент инерции тележки;

$M_{\text{КП}}$ – масса необрессоренных частей тележки (колесной пары, буксы, тяговых редукторов);

$2l$ – база тележки.

Для составления дифференциальных уравнений движения тележки в вертикальной плоскости воспользуемся уравнениями Лагранжа II рода

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия;

Φ – функция рассеивания;

Π – потенциальная энергия;

q_i – обобщенная координата;

$\dot{q}_i$ – обобщенная скорость;

Q_i – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате q_i .

При движении по неровным каткам кинетическая энергия системы будет

$$T = \frac{1}{2} M_{\text{Т}} \dot{Z}_{\text{Т}}^2 + \frac{1}{2} M_{\text{КП}} \dot{Z}_{\text{КП}}^2 + \frac{1}{2} M_{\text{КП2}} \dot{Z}_{\text{КП2}}^2 + \frac{1}{2} J_{\text{Т}}^y \dot{\phi}_{\text{Т}}^2. \quad (2)$$

Потенциальная энергия системы равна:

$$\Pi = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n k_i \Delta_i^2, \quad (3)$$

где k_i – жесткость рессор;

Δ_i – сжатие пружин, отсчитанные от положения равновесия системы.

Выразим сжатие пружин через обобщенные координаты. Пусть $\Delta_{Б1}$, $\Delta_{Б2}$ – сжатие надбуксовых рессорных комплектов; Δ_T – сжатие центральных рессорных комплектов; $\Delta_{К1}$, $\Delta_{К2}$ – прогибы катков под первой и второй колесными парами тележки; Δ_{P1} , Δ_{P2} – прогибы растяжек фиксирующего устройства. Положим, что катки имеют неровности η_1 и η_2 – вертикальные перемещения колесных пар при движении по каткам. Из рис. 2 видно, что:

$$\Delta_{Б1} = Z_T + a\varphi_T - Z_{КП1}; \Delta_{Б2} = Z_T - a\varphi_T - Z_{КП2}; \Delta_T = -Z_T; \Delta_{К1} = Z_{КП1} - \eta_1; \\ \Delta_{К2} = Z_{КП2} - \eta_2; \Delta_{P1} = Z_T + l\varphi_T; \Delta_{P2} = Z_T - l\varphi_T,$$

и выражение потенциальной энергии примет вид:

$$\Pi = \frac{1}{2} \mathcal{K}_{Б1} \Delta_{Б1}^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{Б2} \Delta_{Б2}^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_T \Delta_T^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{К1} \Delta_{К1}^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{К2} \Delta_{К2}^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{P1} \Delta_{P1}^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{P2} \Delta_{P2}^2 = \\ = \frac{1}{2} \mathcal{K}_{Б1} (Z_T + a\varphi_T - Z_{КП1})^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{Б2} (Z_T - a\varphi_T - Z_{КП2})^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_T Z_T^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{К1} (Z_{КП1} - \eta_1)^2 + \\ + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{К2} (Z_{КП2} - \eta_2)^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{P1} (Z_T + l\varphi_T)^2 + \frac{1}{2} \mathcal{K}_{P2} (Z_T - l\varphi_T)^2. \quad (4)$$

Скорости сжатия пружин в надбуксовых рессорных комплектах – $\dot{\Delta}_{Б1}$ и $\dot{\Delta}_{Б2}$; скорости сжатия пружин в центральном рессорном подвешивании – $\dot{\Delta}_T$; скорости прогибов катков под первой и второй колесными парами тележки – $\dot{\Delta}_{К1}$ и $\dot{\Delta}_{К2}$; скорости прогибов растяжек фиксирующего устройства – $\dot{\Delta}_{P1}$ и $\dot{\Delta}_{P2}$;,. Функция рассеивания будет:

$$\Phi = \frac{1}{2} \beta_{Б1} \dot{\Delta}_{Б1}^2 + \frac{1}{2} \beta_{Б2} \dot{\Delta}_{Б2}^2 + \frac{1}{2} \beta_T \dot{\Delta}_T^2 + \frac{1}{2} \beta_{К1} \dot{\Delta}_{К1}^2 + \frac{1}{2} \beta_{К2} \dot{\Delta}_{К2}^2 + \frac{1}{2} \beta_{P1} \dot{\Delta}_{P1}^2 + \frac{1}{2} \beta_{P2} \dot{\Delta}_{P2}^2 = \\ = \frac{1}{2} \beta_{Б1} (\dot{Z}_T + l\dot{\varphi}_T - \dot{Z}_{КП1})^2 + \frac{1}{2} \beta_{Б2} (\dot{Z}_T - l\dot{\varphi}_T - \dot{Z}_{КП2})^2 + \frac{1}{2} \beta_T \dot{Z}_T^2 + \frac{1}{2} \beta_{К1} (\dot{Z}_{КП1} - \dot{\eta}_1)^2 + \\ + \frac{1}{2} \beta_{К2} (\dot{Z}_{КП2} - \dot{\eta}_2)^2 + \frac{1}{2} \beta_{P1} (\dot{Z}_T + l\dot{\varphi}_T)^2 + \frac{1}{2} \beta_{P2} (\dot{Z}_T - l\dot{\varphi}_T)^2. \quad (5)$$

Определим слагаемые уравнения (1) для обобщенных координат.

Для Z_T :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \Gamma}{\partial \dot{Z}_T} \right) = M_T \ddot{Z}_T; \quad \frac{\partial \Gamma}{\partial Z_T} \equiv 0; \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Z}_T} = \beta_{Б1} \dot{\Delta}_{Б1} + \beta_{Б2} \dot{\Delta}_{Б2} + \beta_T \dot{\Delta}_T + \beta_{P1} \dot{\Delta}_{P1} + \beta_{P2} \dot{\Delta}_{P2};$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Z_T} = \mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} + \mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + \mathcal{J}_T \Delta_T + \mathcal{J}_{P1} \Delta_{P1} + \mathcal{J}_{P2} \Delta_{P2}.$$

Для φ_T :

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_T} \right) = J_T^y \ddot{\varphi}_T; \quad \frac{\partial T}{\partial \varphi_T} \equiv 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}_T} = l \beta_{B1} \dot{\Delta}_{B1} - l \beta_{B2} \dot{\Delta}_{B2} + l \beta_{P1} \dot{\Delta}_{P1} - l \beta_{P2} \dot{\Delta}_{P2};$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Z_T} = l \mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} - l \mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + l \mathcal{J}_{P1} \Delta_{P1} - l \mathcal{J}_{P2} \Delta_{P2}.$$

Для $Z_{KП1}$:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{Z}_{KП1}} \right) = M_{KП1} \ddot{Z}_{KП1}; \quad \frac{\partial T}{\partial Z_{KП1}} \equiv 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Z}_{KП1}} = -\beta_{B1} \dot{\Delta}_{B1} + \beta_{K1} \dot{\Delta}_{K1};$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Z_{KП1}} = -\mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} + \mathcal{J}_{K1} \Delta_{K1}.$$

Для $Z_{KП2}$:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{Z}_{KП2}} \right) = M_{KП2} \ddot{Z}_{KП2}; \quad \frac{\partial T}{\partial Z_{KП2}} \equiv 0; \quad \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{Z}_{KП2}} = -\beta_{B2} \dot{\Delta}_{B2} + \beta_{K2} \dot{\Delta}_{K2};$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Z_{KП2}} = -\mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + \mathcal{J}_{K2} \Delta_{K2}.$$

Дифференциальные уравнения движения тележки на катковой станции в вертикальной плоскости примут вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_T \ddot{Z}_T + \beta_{B1} \dot{\Delta}_{B1} + \beta_{B2} \dot{\Delta}_{B2} + \beta_T \dot{\Delta}_T + \beta_{P1} \dot{\Delta}_{P1} + \beta_{P2} \dot{\Delta}_{P2} + \\ + \mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} + \mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + \mathcal{J}_T \Delta_T + \mathcal{J}_{P1} \Delta_{P1} + \mathcal{J}_{P2} \Delta_{P2} = 0; \\ J_T^y \ddot{\varphi}_T + l \beta_{B1} \dot{\Delta}_{B1} - l \beta_{B2} \dot{\Delta}_{B2} + l \beta_{P1} \dot{\Delta}_{P1} - l \beta_{P2} \dot{\Delta}_{P2} + \\ + l \mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} - l \mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + l \mathcal{J}_{P1} \Delta_{P1} - l \mathcal{J}_{P2} \Delta_{P2} = 0; \\ M_{KП1} \ddot{Z}_{KП1} - \beta_{B1} \dot{\Delta}_{B1} + \beta_{K1} \dot{\Delta}_{K1} - \mathcal{J}_{B1} \Delta_{B1} + \mathcal{J}_{K1} \Delta_{K1} = 0; \\ M_{KП2} \ddot{Z}_{KП2} - \beta_{B2} \dot{\Delta}_{B2} + \beta_{K2} \dot{\Delta}_{K2} - \mathcal{J}_{B2} \Delta_{B2} + \mathcal{J}_{K2} \Delta_{K2} = 0. \end{array} \right. \quad (6)$$

После математических преобразований дифференциальные уравнения (6) примут вид:

$$\left\{ \begin{array}{l}
M_T \ddot{Z}_T + (\beta_{B1} + \beta_{B2} - \beta_T + \beta_{P1} + \beta_{P2}) \dot{Z}_T + l(\beta_{B1} - \beta_{B2}) \dot{\varphi}_T + l(\beta_{P1} - \beta_{P2}) \dot{\varphi}_T + \\
+ (Ж_{B1} + Ж_{B2} - Ж_T + Ж_{P1} + Ж_{P2}) Z_T + l(Ж_{B1} - Ж_{B2}) \varphi_T + l(Ж_{P1} - Ж_{P2}) \varphi_T - \\
- \beta_{B1} \dot{Z}_{KП1} - \beta_{B2} \dot{Z}_{KП2} - Ж_{B1} Z_{KП1} - Ж_{B2} Z_{KП2} = 0; \\
J_T^y \ddot{\varphi}_T + l(\beta_{B1} - \beta_{B2}) \dot{Z}_T + l(\beta_{P1} - \beta_{P2}) \dot{Z}_T + l^2(\beta_{B1} + \beta_{B2}) \dot{\varphi}_T + l^2(\beta_{P1} + \beta_{P2}) \dot{\varphi}_T + \\
+ l(Ж_{B1} - Ж_{B2}) Z_T + l(Ж_{P1} - Ж_{P2}) Z_T + l^2(Ж_{B1} + Ж_{B2}) \varphi_T + l^2(Ж_{P1} + Ж_{P2}) \varphi_T - \\
- l\beta_{B1} \dot{Z}_{KП1} + l\beta_{B2} \dot{Z}_{KП2} - lЖ_{B1} Z_{KП1} + lЖ_{B2} Z_{KП2} = 0; \quad (7) \\
M_{KП1} \ddot{Z}_{KП1} - \beta_{B1} \dot{Z}_T - l\beta_{B1} \dot{\varphi}_T - Ж_{B1} Z_T - lЖ_{B1} \varphi_T + \\
+ (\beta_{B1} + \beta_{K1}) \dot{Z}_{KП1} + (Ж_{B1} + Ж_{K1}) Z_{KП1} = \beta_{K1} \dot{\eta}_1 + Ж_{K1} \eta_1 \\
M_{KП2} \ddot{Z}_{KП2} - \beta_{B2} \dot{Z}_T + l\beta_{B2} \dot{\varphi}_T - Ж_{B2} Z_T + lЖ_{B2} \varphi_T + \\
+ (\beta_{B2} + \beta_{K2}) \dot{Z}_{KП2} + (Ж_{B2} + Ж_{K2}) Z_{KП2} = \beta_{K2} \dot{\eta}_2 + Ж_{K2} \eta_2.
\end{array} \right.$$

Известно, что каждый отдельный дефект обладает определенной амплитудно-частотной характеристикой (спектральным образом). Моделируя эксплуатационные нагрузки на катковой станции можно создать и накопить банк данных спектральных образов часто встречающихся неисправностей ходовых частей подвижного состава и их комбинаций. Это даст возможность в дальнейшем выполнять идентификацию причин отказов.

Главное достоинство предлагаемого средства диагностирования состоит в том, что экспериментальные исследования тележек можно проводить со специально выбранными угловыми скоростями вращения катков. Выбор этих угловых скоростей определяется собственной частотой диагностируемого узла ходовой части подвижного состава для создания резонанса данного узла. В этом случае его реакция с большой долей вероятности может позволить выявить скрытые дефекты, которые при более низких инерционных нагрузках могут не обнаруживаться.

Внедрение катковых станций в ремонтное производство позволит повысить достоверность контроля технического состояния подвижного состава перед постановкой его в ремонт, а также позволит производить выходные испытания и регулировку экипажной части.

Список литературы

1. Грищенко, А. В. Устройство и ремонт электровозов и электропоездов [Текст]: учебник для нач. проф. образования / А. В. Грищенко, В. В. Стрекопытов, И. А. Ролле; под ред. А. В. Грищенко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
2. Ибрагимов, М. А. Динамика локомотивов [Текст]: учеб. пособие / М. А. Ибрагимов, В. И. Киселев, В. А. Рамлов. – М.: РГОТУПС, 2005. – 128 с.
3. Русов, В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам [Текст] / В. А. Русов. – Пермь, 2012. – 252 с.
4. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин [Текст] / В. Н. Костюков, А. П. Науменко. – Омск: ОмГТУ, 2011. – 360 с.
5. Доронин, В. И. Движение колесных пар подвижного состава в прямых и кривых участках рельсовой колеи [Текст]: монография / В. И. Доронин, С. В. Доронин. – Хабаровск: ДВГУПС, 2006. – 120 с.
6. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 24 с.

УДК 621.313

С. В. Петроченко

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕТОРА И ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ ПЛАСТИН

В статье рассмотрены результаты исследования влияния шероховатости рабочей поверхности коллектора и твердости поверхностного слоя на интенсивность изнашивания коллекторных пластин.

Рабочую поверхность коллекторов машин постоянного тока (далее МПТ), изготовленных из холоднотянутой меди, по существующей технологии подвергают механической обработке шлифованием абразивными полотнами Р320; Р400 или брусками марки Р16, Р17Б – это позволяет достигнуть шероховатости $Ra = 0,63$ мкм [1, С. 305]. Данный метод, несмотря на высокую

производительность и простоту процесса обработки имеет ряд недостатков, снижающих качество рабочей поверхности МПТ, таких как:

- повышение интенсивности механического и электроэрозионного изнашивания коллектора и щеток по причине шаржирования материала поверхностного слоя коллектора зернами абразивного инструмента;

- завалы на краях пластин глубиной до 0,2 – 0,5 мм, уменьшающих площадь контакта коллектор-щетка и ухудшающие коммутацию МПТ при обработке абразивным полотном;

- быстрое «засаливание» шлифовальных полотен и полировальных брусков.

Использование ультразвуковой упрочняющей обработки по сравнению со шлифованием, исключает шаржирование поверхности абразивом [2, 3].

С целью обоснования влияния шероховатости поверхности и твердости поверхностного слоя обработанного коллектора методом УУО на износостойкость коллекторных пластин были проведены экспериментальные исследования и выполнено математическое моделирование с применением композиционного рототабельного плана второго порядка.

Экспериментальные исследования выполнялись на токарном станок ФТ-11, оснащенный динамическим технологическим модулем на базе магнитострикционного преобразователя ПМС15А-18 и ультразвуковым генератором УЗГ 3-4. Схема обработки представлена на рис. 1.

Для проведения испытаний на износостойкость согласно матрице планирования эксперимента (табл. 1) были обработаны 13 образцов с твердостью $HV = 675 - 1524$ МПа и шероховатостью $Ra = 0,04 - 0,46$ мкм. Отдельные образцы (№14 и №15) были изготовлены для сравнения интенсивности изнашивания рабочей поверхности коллектора, обработанной методом УУО, с интенсивностью изнашивания после накатки роликом и зачисткой абразивным полотном.

Испытание образцов на износостойкость проводилось по схеме колодка-ролик на машине трения ИИ 5018 (рис. 2) при следующих условиях: скорость вращения медных образцов $V = 138$ м/мин; контртело – щетка марки ЭГ-61; сила прижима контртела к образцу $P = 35$ Н. Масса образцов контролировалась через каждые 5000 циклов испытаний на машине трения при помощи аналитических весов DL-200 точность измерений которых составляет 0,001 г.

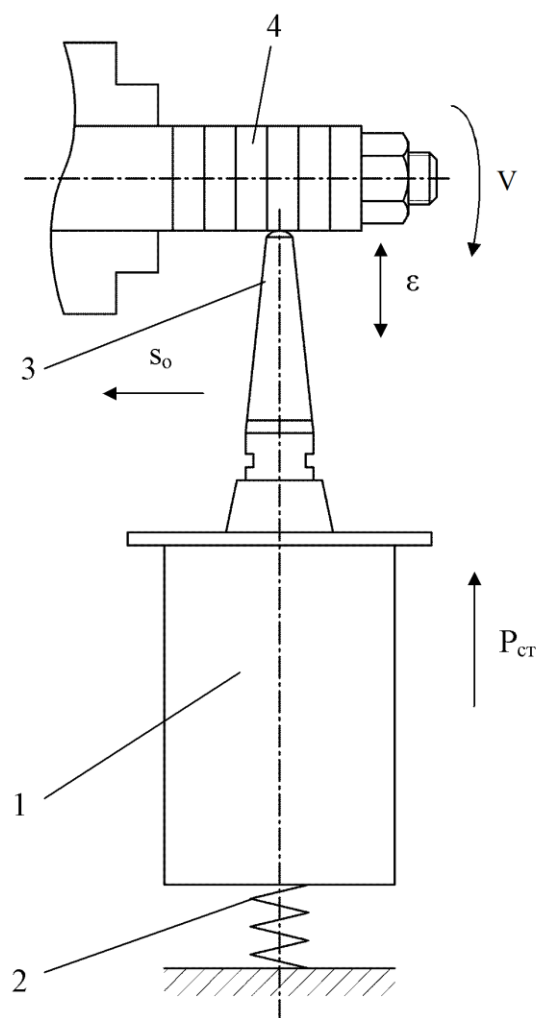


Рис. 1. Схема обработки образцов методом УУО: 1 – магнитострикционный преобразователь; 2 – тарированная пружина; 3 – ультразвуковой инструмент; 4 – образец

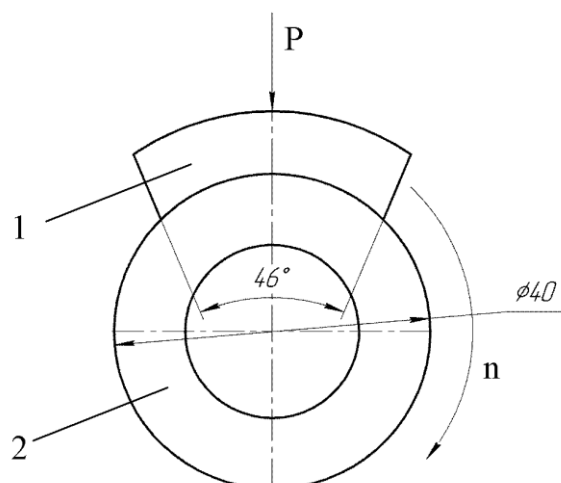


Рис. 2. Схема испытаний на машине трения: 1 – щетка ЭГ-61; 2 – ролик

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента

Номер опыта (номер образца)		Кодированные значения переменных		Натуральные значения переменных		Отклик
		x_1	x_2	Параметр шероховато сти Ra , мкм	Твердость HV , МПа	Интенсивность массового изнашивания образцов u_i , $мг/м^3$
Ядро плана	1 (1)	-1	-1	0,1	800	7,6
	2 (3)	+1	-1	0,4	800	10,1
	3 (2)	-1	+1	0,1	1400	6,3
	4 (4)	+1	+1	0,4	1400	8,9
Звездные точки	5 (5)	+1,414	0	0,46	1100	16,3
	6 (6)	-1,414	0	0,04	1100	5,1
	7 (7)	0	+1,414	0,25	1524	18,1
	8 (8)	0	-1,414	0,25	675	23,3
Центр плана	9 (9)	0	0	0,25	1100	3,8
	10 (10)	0	0	0,25	1100	3,4
	11 (11)	0	0	0,25	1100	3,7
	12 (12)	0	0	0,25	1100	4,1
	13 (13)	0	0	0,25	1100	3,9
вид обработки (номер образца)		Параметры режима обработки		Параметр шероховато сти Ra , мкм	Твердость HV , МПа	Интенсивность массового изнашивания образцов u_i , $мг/м^3$
зачистка абразивным полотном (14)		$V = 150$ м/мин; s – вручную		0,6	787	16,1
накатка роликом (15)		$V = 12,5$ м/мин; $s = 0,09$ мм/об		0,2	1296	10,1

Искомый параметр оптимизации – интенсивность массового изнашивания образцов – определялся по формуле Крагельского.

$$i_g = \frac{\Delta Q}{\Delta N} \cdot \frac{1}{A_\alpha \cdot L_1}, \quad (1)$$

где ΔQ – изменение массы образца, г;
 ΔN – число оборотов между взвешиванием образцов;
 A_α – номинальная площадь касания, м²;
 L_1 – путь трения за один оборот, м.

Полученное уравнение регрессии функции отклика в натуральных значениях переменных:

$$y_{i_g} = 96,8367 - 18,09Ra - 0,165HV + 69,94Ra^2 + 7,3 \cdot 10^{-5} HV^2, \quad (2)$$

Полученное уравнение регрессии (2), было проверено на адекватность путем сравнения расчетного значения F -критерия Фишера с табличным. Полученное значение F -критерия меньше табличного при 5 %-ном уровне значимости, следовательно, данное уравнение регрессии можно признать адекватным.

Для определения шероховатости и твердости поверхностного слоя коллекторных пластин, были построены контурные кривые поверхности равного отклика, обеспечивающие максимальную износостойкость коллекторных пластин (рис. 3).

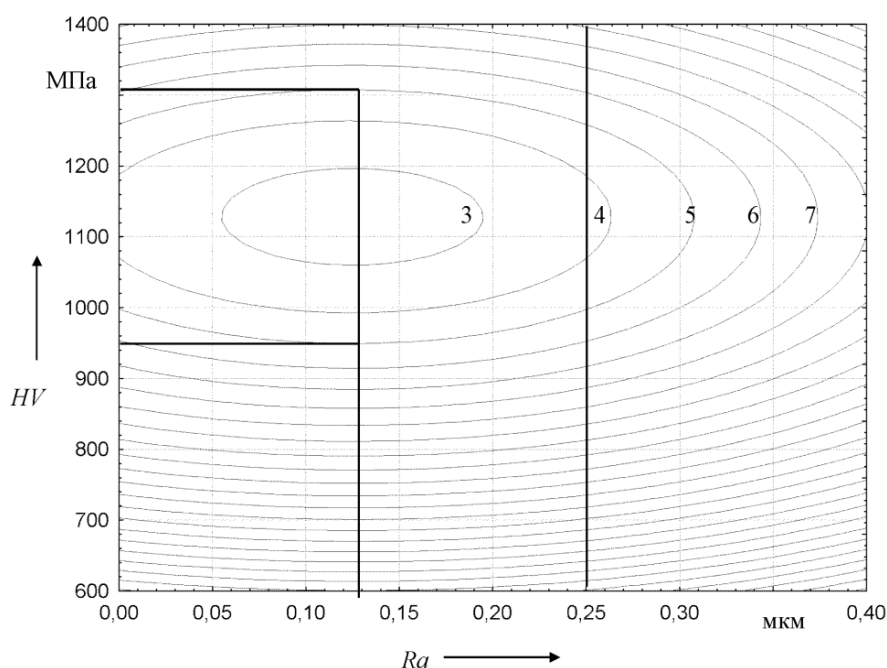


Рис. 3. Контурные кривые поверхности равного отклика

Исследованиями [4, С. 47] было установлено, что увеличение шероховатости рабочей поверхности коллектора приводит к ухудшению коммутационных показателей МПТ и пороговое значение параметра шероховатости Ra не более 0,25 мкм. Так для достижения интенсивности изнашивания $i_g \leq 5 \text{ мг/м}^3$ при шероховатости рабочей поверхности $Ra \leq 0,25 \text{ мкм}$, твердость поверхностного слоя составляет $HV = 950 - 1300 \text{ МПа}$ (см. рис. 3).

Выводы.

Использование установленных режимов ударно-акустической обработки коллектора позволяют достигнуть параметра шероховатости $Ra \leq 0,25 \text{ мкм}$, твердости поверхностного слоя коллекторных пластин $HV = 950 - 1300 \text{ МПа}$, обеспечить снижение интенсивности абразивного изнашивания рабочей поверхности коллектора в 3,5 – 4 раза по сравнению с интенсивностью изнашивания после зачистки абразивным полотном и в 2 – 2,5 раза – после накатки роликом.

Список литературы

1. Красковская, С. Н. Текущий ремонт и техническое обслуживание электровозов постоянного тока / С. Н. Красковская, Э. Э. Ридель, Р. Г. Черепашенец. – М. : Транспорт, 1989. – 408 с.
2. Моргунов, А. П. Создание высокопрочных поверхностей с регулярным микрорельефом нанометаллургией / А. П. Моргунов. А. А. Федоров // Проблемы исследования и проектирования машин: сборник статей III Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2007. – С. 118 – 121.
3. Телевной, А. В. Технологические процессы повышения конструкционной прочности деталей машин : учебное пособие для вузов / А. В. Телевной, В. А. Телевной. – Омск: ОмГТУ, 1993. – 122 с.
4. Солдаткин, А. В. Повышение коммутационной устойчивости тяговых электрических машин за счет совершенствования технологии ремонта коллекторов. Дис. канд. техн. наук / А. В. Солдаткин. – Омск : ОмГУПС, 2004. – 148 с.

Д. Ю. Белан, Ю. Н. Гелетюк

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДВЕСКИ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НБ-514Б

В данной статье изучаются конструктивные особенности подвески тягового двигателя электровоза 2ЭС5К, рассматривается качественная и количественная оценка технологичности детали для улучшения технологического процесса ремонта.

Тяговый двигатель НБ-514 представляет собой электрическую машину постоянного тока и предназначен для индивидуального привода колесных пар электровозов переменного тока. Данный тяговый электродвигатель (ТЭД) и его модификации устанавливается на современные электровозы серии ЭС5К «Ермак», а так же ВЛ80С, ВЛ85, ВЛ65.

Подвешивание двигателя осуществляется по опорно-осевой схеме (рис. 1). Одним концом ТЭД 1 опирается через моторно-осевые подшипники на ось колесной пары 2, а другим концом – на раму тележки через подвеску 3.

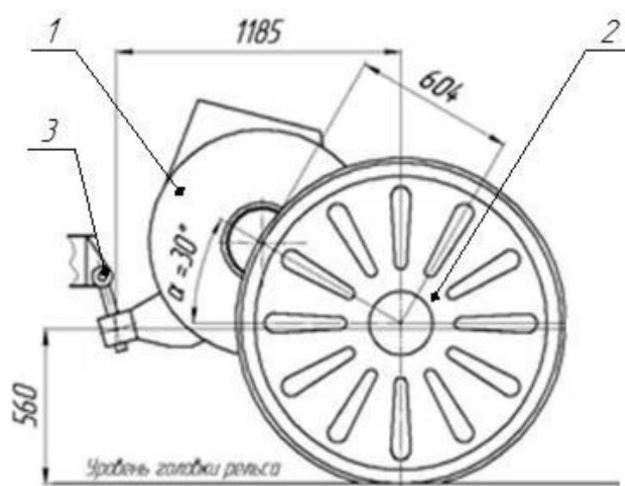


Рис. 1. Схема подвешивания двигателя электровоза 2ЭС5К
1 – тяговый двигатель НБ-514Б; 2 – колесная пара; 3 – подвеска

Подвеска тягового электродвигателя (рис. 2) предназначена для смягчения ударов, приходящихся на тяговый электродвигатель при

прохождении колесной парой неровностей пути и при трогании с места, а также для компенсации изменения взаимного положения тягового электродвигателя и рамы тележки при движении электровоза [1, 2].

Опорно-осевое подвешивание обеспечивает неизменность расстояния между центрами вала двигателя и оси колесной пары. Это расстояние называют центральнойю. При передаче вращения от вала двигателя к колесной паре с помощью зубчатого редуктора благодаря неизменности централи 10 создаются условия, обеспечивающие правильное зацепление зубчатых колес. Передача работает плавно, что обеспечивает долговечность зубчатых колес. Подвеска тягового электродвигателя опорно-осевая. Тяговый электродвигатель одним концом опирается через моторно-осевые подшипники скольжения на ось колесной пары, а другим концом – на раму тележки через специальную подвеску с резиновыми шайбами (амортизаторами). Подвеска тягового электродвигателя (рис. 2) состоит из подвески 1, резиновых шайб 2, дисков 3, кронштейна 4 и деталей монтажа. Подвеска выполнена поковкой из стали 45, с последующей механической обработкой, и имеет головку, которой подвеска крепится к среднему брусу рамы тележки посредством валика 5 из стали 45, проходящего через втулки 6,7 из марганцовистой стали, запрессованные в проушины головки подвески и кронштейна. Предохранение валика от выпадения осуществляется планками 10,11, перекрывающими отверстия проушин бруса, из которых одна приварена, а другая закреплена двумя болтами 8 (М16). Сами болты стопорятся планкой 11, края которой загнуты на грани головок болтов 8. Для стягивания пакета из дисков и резиновых шайб служит гайка 9, устанавливаемая на подвеске с круглой резьбой диаметром 60 мм. Кронштейн 4, выполненный отливкой из стали 12ГТЛ или 25Л, прикреплен к остову тягового двигателя болтами, попарно застопоренными планками. Для ориентации резиновых шайб, кронштейн 4 и диски 3 имеют выточки. Шайбы 2 выполнены из формовочной резины и уложены по обе стороны кронштейна между дисками 3. Резиновые шайбы обеспечивают упругость подвески. Усилия от кронштейна передаются через резиновые шайбы и диски на заплечики подвески 1. На случай обрыва подвески 1 в качестве дополнительной страховки служат специальные приливы на остовах тягового двигателя и упоры на среднем брусе рамы тележки.

Оценка технологичности детали бывает двух разновидностей: качественной и количественной. Качественная оценка характеризует технологичность конструкции обобщенно на основании опыта исполнителя и допускается на всех стадиях проектирования как предварительная.

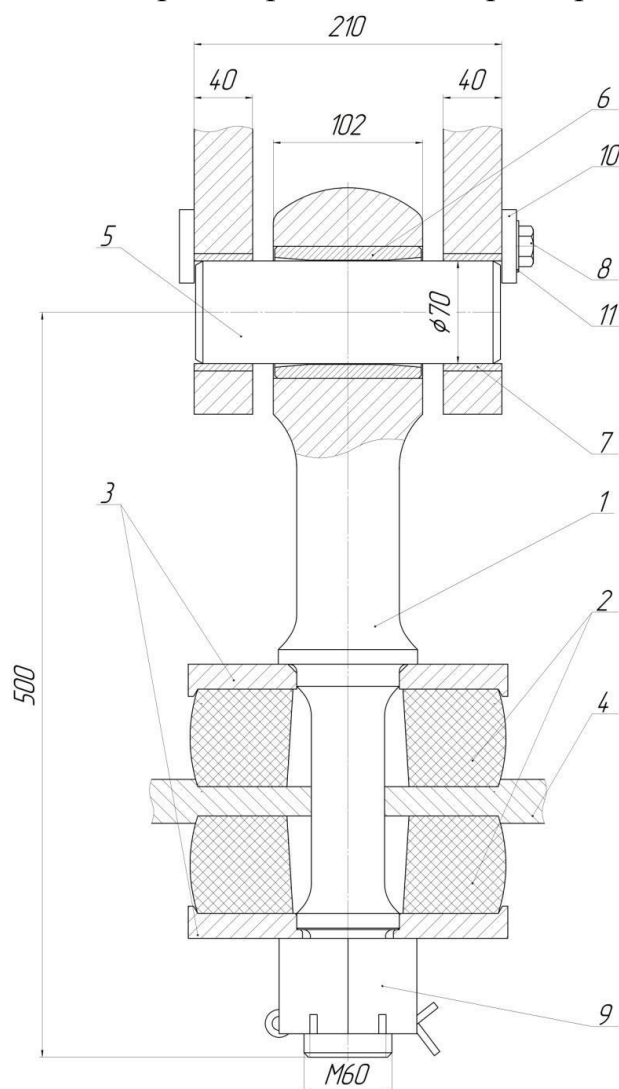


Рис. 2. Подвеска тягового двигателя НБ-514

1 – подвеска; 2 – резиновые шайбы; 3 – диски; 4 – кронштейн;
5 – валик; 6,7 – втулка; 8 – болт М16; 9 – гайка; 10, 11 – стопорная планка

Количественная оценка технологичности изделия выражается числовыми показателями и оправдана в том случае, если они существенно влияют на технологичность рассматриваемой конструкции.

1) Качественная оценка технологичности конструкции. Деталь изготавливается из углеродистой конструкционной качественной стали 45.

Данная сталь характеризуется хорошей обрабатываемостью, обладает достаточной прочностью. Деталь состоит из простых геометрических поверхностей: плоскостей, наружных и внутренних цилиндров. В то время как, деталь типа «вал» – представляет собой тело вращения, головка подвески, в которой находится проушина, плоская. Габаритные размеры составляют: длина 575 мм, высота 102 мм, ширина 150 мм. В головке предусмотрено отверстие диаметром 90 мм под постановку втулки.

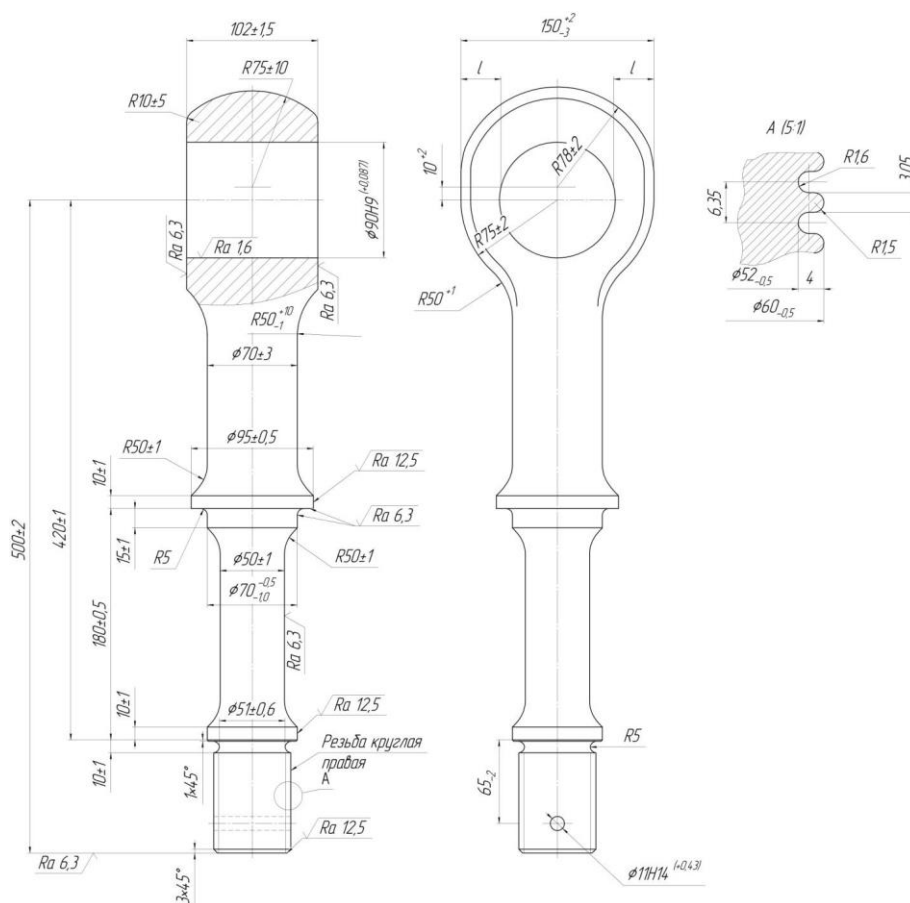


Рис. 3. Фрагмент чертежа подвески тягового двигателя НБ-514

Диаметр средней части составляет 70 мм, радиус скруглений 50 мм. Бурт, предназначенный для упора в него верхнего диска, имеет диаметр 95 мм, длиной 10 мм. Последующая галтель радиусом 5 мм и длиной 15 мм необходима для снижения концентрации напряжений. Нижняя часть, на которую надет кронштейн крепления к тяговому электродвигателю через резиновые диски, имеет диаметр 50 мм. С обеих ее сторон предусмотрены скругления радиусом 50 мм. Следующий бурт является упором для нижнего диска подвески и имеет диаметр 70 мм и длину 10 мм. С нижней стороны бурта

предусмотрена фаска $1 \times 45^\circ$. Концевая часть подвески представляет собой винтовую канавку для круглой резьбы. Диаметр вершины резьбы 60 мм, диаметр впадины 52 мм, шаг резьбы 6,35 мм, толщина одной нитки резьбы 3,05 мм, радиус впадины 1,6 мм, радиус вершины 1,5 мм. В резьбовой части на расстоянии 65 мм от бурта располагается сквозное радиальное отверстие диаметром 11 мм для постановки шплинта. На конце резьбовой части находится фаска $3 \times 45^\circ$ [3].

Для проведения оценки параметров точности детали следует свести значения шероховатости и квалитетов для каждой поверхности деталей в таблицу.

На рис. 4 обозначены позиции всех поверхностей детали подвеска.

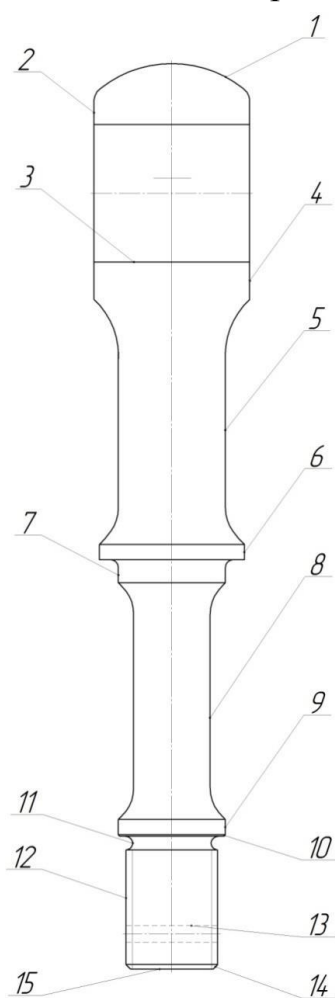


Рис. 4. Маршрут обработки детали

Параметры точности каждой поверхности детали-подвески представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры точности и шероховатости поверхностей детали

Номер поверхнос ти	Наименование поверхности	Квалитет	Шероховатость, Ra, мкм.
1	2	3	4
1	Сферическая R75	14	100
2	Плоскость	14	6,3
3	Внутренняя цилиндрическая Ø90	9	16
4	Плоскость	14	6,3
1	2	3	4
5	Наружная цилиндрическая Ø70	14	100
6	Наружная цилиндрическая Ø95	14	12,5
7	Галтель	14	6,3
8	Наружная цилиндрическая Ø50	14	100
9	Наружная цилиндрическая Ø70	14	12,5
10	Фаска 1×45°	14	100
11	Канавка	8	6,3
12	Винтовая канавка	8	6,3
13	Внутренняя цилиндрическая Ø11	14	12,5
14	Фаска 3×45°	14	12,5
15	Торцевая	14	6,3

Таким образом, после оценки параметров точности детали необходимо провести количественную оценку технологичности конструкции подвески ТЭД.

Список литературы

1. ЗТС 001.012 РЭ6. Электровоз магистральный 2ЭС5К. Руководство по эксплуатации. Описание и работа. Механическая часть.
2. ЗТС 001.012 РЭ8. Электровоз магистральный 2ЭС5К. Руководство по эксплуатации. Техническое обслуживание. Текущий ремонт.

3. ПКБ ЦТ. 25.0147. Технологическая инструкция. Техническое обслуживание и текущие ремонты механической части электровоза 2ЭС5К.

УДК 629.423

А. А. Бакланов

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА ЭЛЕКТРОВОЗА С ДВУХСТОРОННЕЙ КОСОЗУБОЙ ТЯГОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ

Рассмотрены особенности конструкции и работы колесно-моторного блока электровоза с двухсторонней косозубой тяговой передачей, применяющейся на отечественных грузовых электровозах.

На отечественных грузовых электровозах в колесно-моторных блоках (КМБ) используется опорно-осевое подвешивание тяговых двигателей (ТД) и двухсторонняя косозубая тяговая передача. Такая конструкция имеет ряд преимуществ: возможность передачи большого вращающего момента от ТД к колесной паре, простая одноступенчатая зубчатая передача, постоянная централь передачи и др.

В качестве примера на рис. 1 показан общий вид КМБ электровоза ВЛ85 с тяговым двигателем НБ-514 и двухсторонней косозубой тяговой передачей, на рис. 2 – подшипниковые узлы тягового двигателя, а на рис. 3 – эскиз КМБ.

Основные размеры узлов тягового двигателя НБ-514 и колесно-моторного блока электровоза ВЛ85 согласно [1] приведены в табл. 1.

На основании рис. 1-3 и табл. 1 можно сказать следующее:

осевой разбег якоря $7,0 \pm 1,0$ мм отдельно взятого тягового двигателя НБ-514 определяется суммарным зазором между торцами роликов и буртами наружного и внутреннего колец якорных подшипников;

в собранном колесно-моторном блоке осевой разбег ТД на оси колесной пары $0,35...2,0$ мм определяется суммой зазоров Δ_1 и Δ_2 между буртами вкладышей моторно-осевых подшипников и торцами ступиц колесных центров;

в собранном колесно-моторном блоке осевой разбег якоря ТД определяется разностью боковых зазоров одного направления обеих зубчатых передач колесной пары.

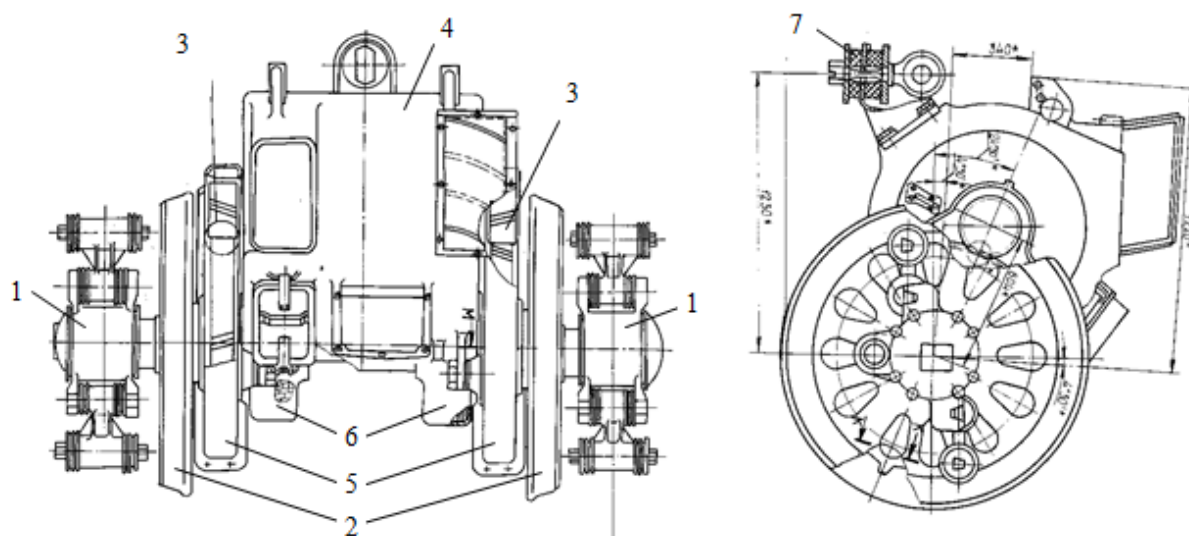


Рис. 1. Колесно-моторный блок электровоза ВЛ85

1 – букса колесной пары с поводками; 2 – колесная пара; 3 – зубчатая передача; 4 – тяговый двигатель; 5 – кожух зубчатой передачи; 6 – моторно-осевой подшипник; 7 – упругая подвеска тягового двигателя к раме тележки

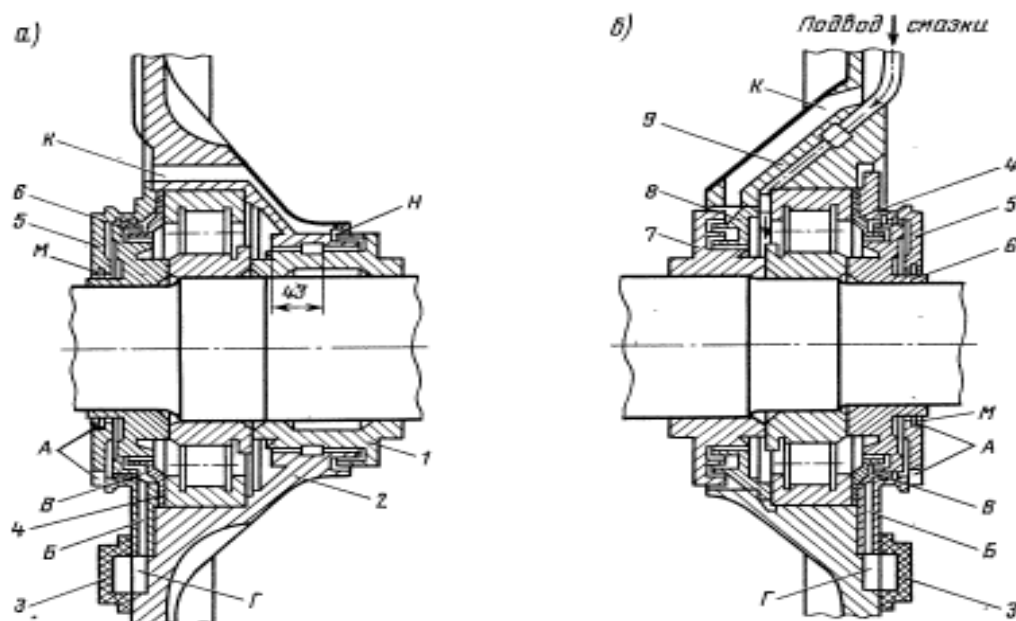


Рис. 2. Подшипниковые узлы тягового двигателя НБ-514 со стороны коллектора (а) и с противокolleкторной стороны (б)

1, 7 – втулка; 2, 9 – подшипниковый щит; 3, 5, 8 – крышка; 4, 6 – кольцо; А, Б – отверстие; В, Г – камера; К – дренажное отверстие; М, Н – канавки

Анализ схемы двухсторонней косозубой передачи колесно-моторного блока электровоза ВЛ85 (рис. 4) и режимов ее работы показывает следующее. Допустим, что при формировании КМБ с коллекторной стороны тягового двигателя (ТД) зуб шестерни находится впереди зуба колеса (рис. 4, а), зазор между ними равен нулю и с другой стороны имеется зазор δ' между зубом колеса и зубом шестерни. С противоколлекторной стороны ТД зуб шестерни также находится впереди зуба колеса и зазор между ними равен δ'' , а с другой стороны зазор между зубом колеса и зубом шестерни нулевой. Тогда при работе КМБ в режимах тяги и рекуперативного торможения в любом направлении движения электровоза зубчатые шестерни и якорь ТД сместятся вправо. Величина смещения зубчатых шестерен и якоря ТД при движении вперед определяется зазором δ'' с противоколлекторной стороны, а при движении назад – зазором δ' с коллекторной стороны.

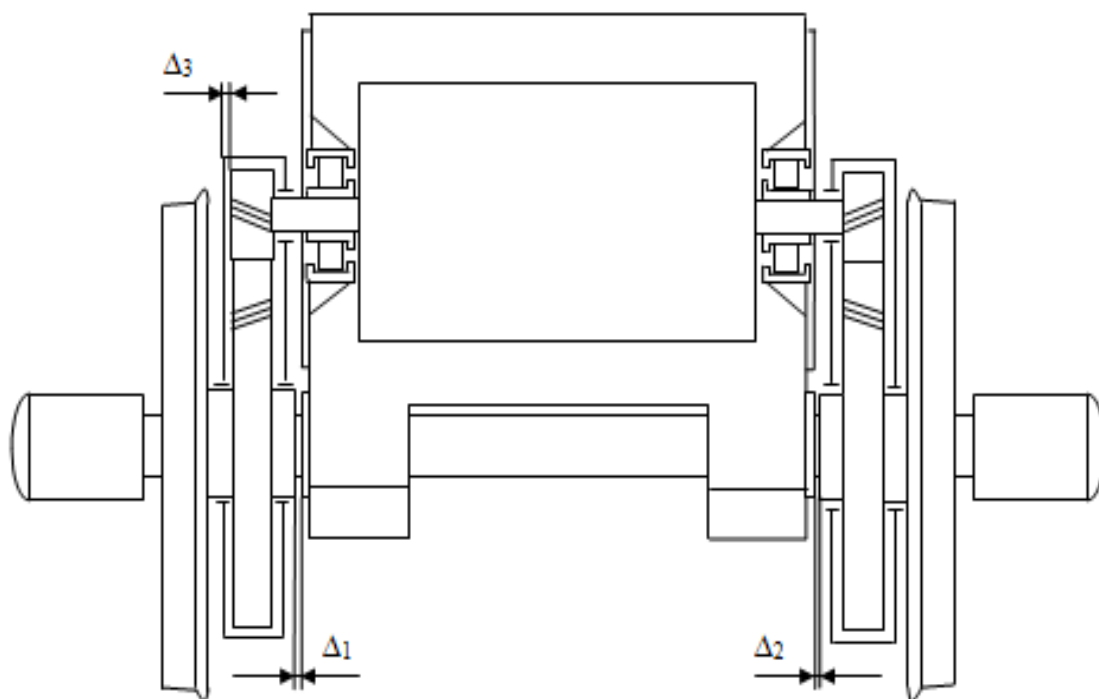


Рис. 3. Эскиз колесно-моторного блока электровоза ВЛ85

Δ_1 , Δ_2 – зазоры между буртом вкладышей моторно-осевого подшипника и торцом удлиненной ступицы колесного центра; Δ_3 – зазор между торцом зубчатой шестерни и стенкой кожуха

Таблица 1

**Основные размеры узлов тягового двигателя НБ-514 и колесно-моторного
блока электровоза ВЛ85**

№ п.п.	Параметр	Единица измерения	Значение
1	Осевой разбег якоря (предельно допустимый размер)	мм	$7,0 \pm 1,0$ ($7,0 \pm 1,0$)
2	Радиальный зазор в подшипниках якоря в холодном состоянии (предельно допустимый размер)	мм	$0,11 \dots 0,19$ ($0,1 \dots 0,29$)
3	Расстояние от петушков коллектора до корпуса щеткодержателя якоря не менее (предельно допустимый размер)	мм	6,0 (6,0)
4	Осевой разбег тягового двигателя на оси колесной пары (браковочный размер)	мм	$0,35 \dots 2,0$ ($> 5,0$)
5	Толщина бурта вкладыша моторно-осевого подшипника (браковочный размер)	мм	25,5 ($< 22,0$)
6	Радиальный зазор между вкладышем и шейкой оси под моторно-осевой подшипник (браковочный размер)	мм	$0,3 \dots 0,5$ ($> 2,5$)
7	Разность зазоров между вкладышем и шейкой оси для одного КМБ (браковочный размер)	мм	$\leq 0,2$ ($> 1,0$)
8	Свисание шестерни относительно зубчатого колеса при рабочем положении якоря тягового двигателя при смещении из среднего положения якоря тягового двигателя не более 1,0 мм, а остова – не более 0,5 мм (браковочный размер)	мм	$3,5 \pm 3,0$ ($> 6,5$)
9	Зазор между стенкой кожуха зубчатой передачи и шестерней при рабочем положении якоря тягового двигателя и смещении остова из среднего положения не более 0,5 мм (браковочный размер)	мм	$\geq 7,0$ ($< 3,0$)
10	Суммарный разбег букс на оси колесной пары (браковочный размер)	мм	$0,5 \dots 1,0$ ($> 2,0$)
11	Толщина зуба зубчатого колеса на высоте 8,21 мм от вершины зуба (браковочный размер)	мм	14,58 ($< 10,0$)
12	Толщина зуба шестерни на высоте 10,50 мм от вершины зуба (браковочный размер)	мм	16,16 ($< 12,6$)
13	Максимальный износ зуба по толщине от полного профиля по обе стороны для зубчатого колеса и шестерни (браковочный размер)	мм	– ($> 3,5$)
14	Разность толщин зубьев зубчатых колес одной колесной пары (браковочный размер)	мм	$\leq 0,15$ ($> 1,5$)
15	Угол наклона зубьев шестерни		$24^\circ 34'$
16	Угол наклона зубьев зубчатого колеса		$24^\circ 37' 12''$
17	Боковой зазор в зацеплении между поверхностями зубьев шестерни и зубчатого колеса (браковочный размер)	мм	$0,44 \dots 1,28$ ($> 5,5$)
18	Разность боковых зазоров одного направления обеих зубчатых передач одной колесной пары (браковочный размер)	мм	$\leq 0,4$ ($> 0,5$)
19	Радиальный зазор в зацеплении между вершиной и впадиной шестерни и зубчатого колеса (браковочный размер)	мм	$\geq 2,5$ ($< 2,5$) ($> 5,5$)

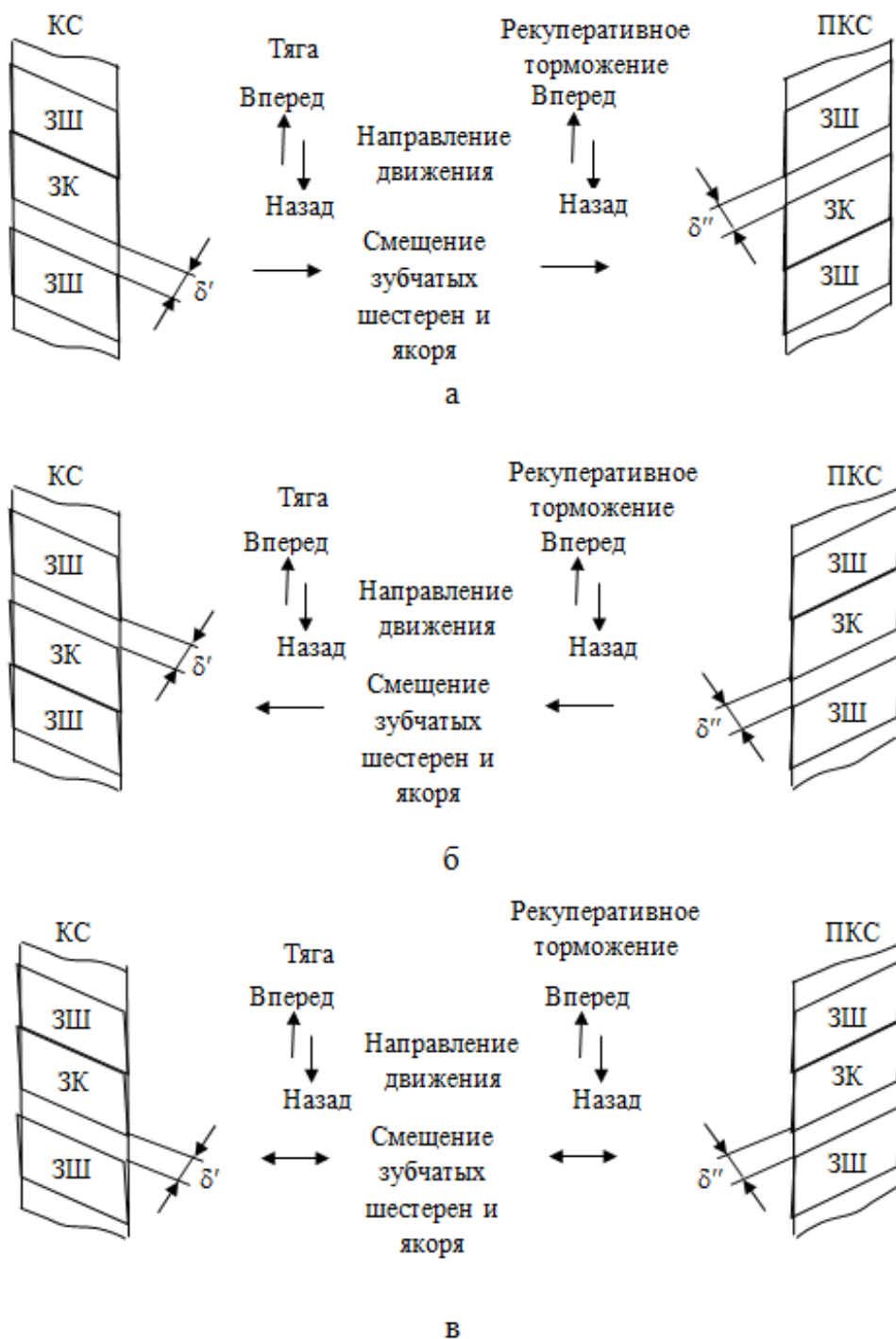


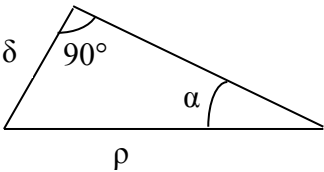
Рис. 4. Схема двухсторонней косозубой передачи колесно-моторного блока электровоза ВЛ85: КС, ПКС – коллекторная и противокolleкторная стороны тягового двигателя; ЗШ, ЗК – зубья шестерни и колеса; δ' , δ'' – боковые зазоры зубчатых передач

Рассмотрим случай, когда при формировании КМБ с коллекторной стороны ТД зуб шестерни находится впереди зуба колеса (рис. 4, б), зазор между ними равен δ' и с другой стороны зазор между зубом колеса и зубом

шестерни нулевой. С противоколлекторной стороны ТД зуб шестерни также находится впереди зуба колеса и зазор между ними нулевой, а с другой стороны зазор между зубом колеса и зубом шестерни равен δ'' . Тогда при работе КМБ в режимах тяги и рекуперативного торможения в любом направлении движения электровоза зубчатые шестерни и якорь ТД сместятся влево. Величина смещения зубчатых шестерен и якоря ТД в этом случае при движении вперед определяется зазором δ' с коллекторной стороны, а при движении назад – зазором δ'' с противоколлекторной стороны.

При формировании КМБ в обеих зубчатых передачах одни одноименные боковые зазоры между зубьями шестерни и колеса делают нулевыми, при этом другие одноименные боковые зазоры между зубьями шестерни и колеса получаются δ' и δ'' (рис. 4, в). Тогда величина смещения зубчатых шестерен и якоря тягового двигателя, т. е. осевой разбег якоря, характеризуется разницей $\delta = \delta' - \delta''$ одноименных боковых зазоров обеих зубчатых передач, которая определяется разницей толщин одноименных зубьев шестерен или колес обеих зубчатых передач, в зависимости от которой направление смещения зубчатых шестерен и якоря тягового двигателя может быть влево или вправо.

Оценим осевой разбег ρ якоря тягового двигателя в собранном колесно-моторном блоке электровоза ВЛ85 при допускаемой разнице одноименных боковых зазоров обеих зубчатых передач $\delta = 0,4$ мм (табл. 1, п. 18) с учетом угла наклона зубьев шестерни $\alpha = 24^\circ 34' = 24,57^\circ$ (табл. 1, п. 15). На основании рис. 5 этот разбег составит:



$$\rho = \frac{\delta}{\sin \alpha} = \frac{0,4}{\sin 24,57^\circ} = \frac{0,4}{0,416} = 0,962 \text{ мм} \approx 1,0 \text{ мм}.$$

Рис. 5. Осевой разбег ρ якоря тягового двигателя в собранном колесно-моторном блоке электровоза ВЛ85

Таким образом, осевой разбег якоря, т. е. смещение якоря тягового двигателя, в собранном колесно-моторном блоке определяется разницей одноименных боковых зазоров обеих зубчатых передач, допускаемое значение которой составляет 0,4 мм, при этом смещение якоря не превышает 1,0 мм. Разумеется, такой разбег якоря тягового двигателя в собранном колесно-

моторном блоке не может привести к ненормальной работе и заклиниванию моторно-якорного подшипника тягового двигателя.

Исходя из конструкции колесно-моторного блока электровоза ВЛ85, смещение от среднего положения вала якоря влияет на свисание шестерни относительно зубчатого колеса, допускаемое значение которого составляет 0,5...6,5 мм (табл. 1, п. 8). Следовательно, осевой разбег якоря, т. е. смещение якоря тягового двигателя, в собранном колесно-моторном блоке, не превышающее 1,0 мм, не может привести к недопустимому свисанию шестерни относительно зубчатого колеса.

Рассмотренные особенности конструкции и работы КМБ электровоза с двухсторонней косозубой тяговой передачей необходимо учитывать в процессе ремонта КМБ с целью повышения качества формирования и надежности работы КМБ в эксплуатации.

Список литературы

1. Электровоз ВЛ85. Руководство по эксплуатации. М.: Транспорт, 1992. – 480 с.

УДК 620.179.14

Р. А. Ахмеджанов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАЗЪЕМНЫЙ СОЛЕНОИД

Приведены результаты разработки автоматизированного разъемного соленоида на базе применяемых в вагонных депо устройств намагничивания типов МД13ПР и МАГНЕТИК Д16

Одним из элементов КП, подвергаемых магнитопорошковому контролю, является ось. Здесь зоны контроля: шейки и средняя часть. Технологически сложнее проводить контроль средней части оси в сборе с колесной парой из-за ограниченной контролепригодности. Это ограничение снято за счет широко применяемого, например, в вагонных депо устройства намагничивания средней части оси в виде разъемного соленоида типа МД-13ПР. Оно содержит источник

питания и подключенную к нему катушку, содержащее три витка из медной широкополосной шины сечением 4x20 мм, разделенных по диаметру на две секции, половинчатые витки которых сочленены с одной стороны шарнирно, а с другой – разъемно, по типу «нож-вилка». Соленоид установлен на каретке, в исходном состоянии его секции развернуты. При поступлении колесной пары на рабочую позицию ее ориентируют средней частью над соленоидом с возможностью охвата оси снизу развернутыми секциями. Полувитки секций замыкают, на что требуются определенные усилия, поджимают их друг к другу в зонах сочленения, заворачивая гайки, пропускают по виткам ток и, перемещая соленоид с помощью каретки вдоль оси, формируют продольное магнитное поле в средней части контролируемой оси. Нанося одновременно магнитный индикатор на ее поверхность, производят осмотр полученных индикаций. После выключения тока поджим полувитков устраняют, отворачивая гайки, соленоид размыкают и в таком состоянии отводят в исходное положение. Такая конструкция соленоида позволяет произвести намагничивание средней части оси в уже сформированной колесной паре, что технологически выгодно.

Более совершенным является переносное намагничивающее устройство МАГНИТЕК Д16. Оно содержит блок питания и разъемный соленоид. Последний состоит, также из трехвитковой катушки с разъемным и шарнирным соединениями, но, в отличие от предыдущего, снабжен эксцентриковыми быстросъемными зажимами и фиксатором удержания катушки в раскрытом виде. Кроме того, оно более совершенно по энерготехническим параметрам, имеет электронную защиту от перегрева и узлы блокировки при предельных значениях тока и контроль наличия нагрузки в замкнутом состоянии соленоида.

Однако в обоих устройствах имеют место одни и те же недостатки, так как их конструктивные компоновки практически одинаковы: катушки по количеству, конфигурации и сечению витков совпадают, количество секций такое же, соединения витков в секциях выполнены по одной и той же схеме «нож – вилка», но главный недостаток – ручной характер всех операций – остается. Отметим, что МАГНИТЕК Д16 дополнен тем, что поджим витков в сочленениях для создания контактного давления осуществлен с помощью эксцентриковых зажимов. Но такое дополнение не решает исчерпывающим образом задачу обеспечения надежного электрического контакта витков секций в сочленениях, так как в эксплуатации рабочие поверхности эксцентриков

подвержены более интенсивному трению и, следовательно, износу, снижая ресурс их работы и в целом всего соленоида.

Таким образом, выполнение всех операций в данных устройствах остается ручным, технологичность устройства-прототипа, так же как и устройства-аналога, остается недостаточным, имеет место ограниченный ресурс и низкий уровень обеспечения требований безопасности труда.

Если же замыкание соленоида выполнить с помощью управляемого привода, встроенного в рычажный механизм (рис. 1, 3), а поджим с разжимом витков в сочленениях обеспечить посредством другого привода, согласованного во времени с первым (рис. 2, 3), то указанные недостатки существующих намагничивающих устройств коренным образом устраняются.

На рис. 1 показана конструкция автоматизированного разъемного соленоида с приводом в двух проекциях; на рис. 2 – конструкция пневмоцилиндра поджима; на рис. 3 – схема блока управления.

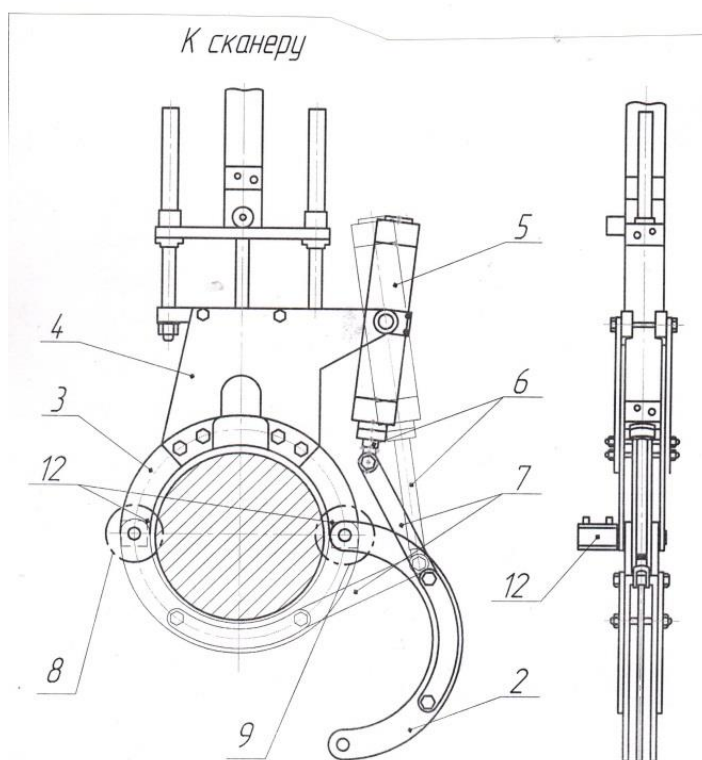


Рис. 1. Конструкция автоматизированного разъемного соленоида

Автоматизированный разъемный соленоид 1 содержит подвижную 2 и неподвижную 3 полувитковые секции, последняя жестко присоединена к кронштейну 4, где на его выступе шарнирно смонтирован пневмоцилиндр замыкания 5, шток 6 которого так же шарнирно соединен с концом рычага 7,

жестко связанного с подвижной секцией 2. При этом в зонах сочленения 8 и 9 на наружной поверхности крайней шины 10 неподвижной секции 3 установлены через изолирующие прокладки 11 корпуса пневмоцилиндров поджима 12, а их штоки 13, заключенные в изолирующие трубки 14, пропущены коаксиально сочленениям 8 и 9 сквозь шины полувитков обеих секций и закручены гайками 15 на противоположной стороне соленоида 1, тем самым обеспечивая закрепление на нем пневмоцилиндров поджима 12 в зонах сочленения и возможность упругого поджатия полувитков друг к другу в этих зонах через изолирующие шайбы 16.

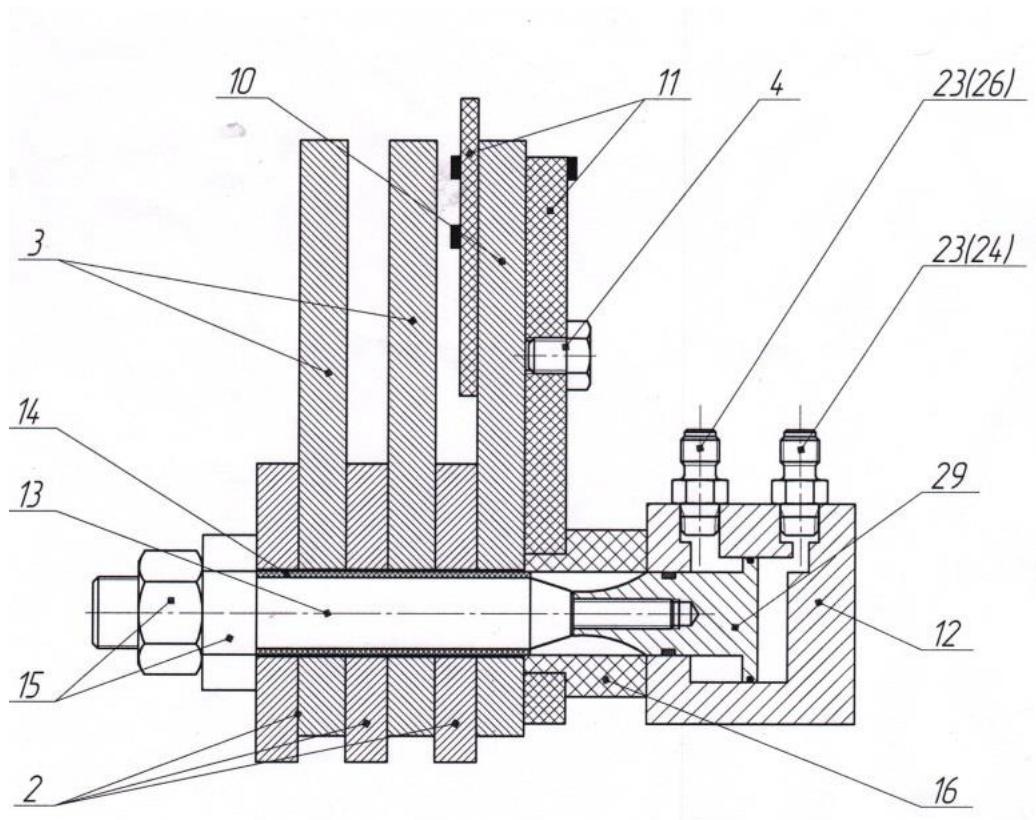


Рис. 2. Конструкция пневмоцилиндра поджима

Блок управления 17 содержит пневмораспределители 18, 19, обеспечивающие подачу сжатого воздуха в пневмоцилиндры замыкания 5 и поджима 12 соответственно от централизованной пневмосети 20 через блок подготовки воздуха 21. Пневмораспределители 18 и 19 выполнены четырехканальными двухпозиционными каждый с управлением от рукоятки 22, снабженной фиксатором положений «ВЫКЛ» и «ВКЛ», причем в первом положении штоковые пневмополости 23 и 24 данных пневмоцилиндров

Исходное положение разъемного соленоида 1 – верхнее, например, над средней частью оси контролируемой КП с возможностью охвата ее сверху развернутыми секциями. Электрически он разомкнут, рукоятки 22 пневмораспределителей 18, 19 установлены в положениях «ВЫКЛ», поршневые полости 25 и 26 пневмоцилиндров 5 и 12 соответственно объединены с атмосферой. При этом (рис. 1) поршень пневмоцилиндра замыкания 5 занимает верхнее положение, полуитки подвижной секции 3 отведены вниз и вправо, штоки 13 сдвинуты в крайнее правое (условно по рис. 2) положение, при котором поджим полуитков ослаблен в обеих зонах их сочленений.

154

шток 6 рычаг 7, с помощью которого полувитки подвижной секции 2, поворачиваясь, занимают крайнее левое (условно по рис. 1) положение и, входя в контакт с полувитками неподвижной секции 3, замыкают соленоид 1 вокруг оси 27 колесной пары. Поскольку сочленения 8, 9 полувитков ослаблены, то в их зонах трение и износ становятся практически незначимыми, но возникшие межвитковые воздушные зазоры значительно увеличивают в этих зонах электрические сопротивления, которые легко устраняют с помощью упомянутых пневмоцилиндров поджима 12, управляемых пневмораспределителем 19. Для этого устанавливают рукоятку 22 последнего в положение «ВКЛ», при котором сжатый воздух из сети 20, поступая в поршневые полости 26 пневмоцилиндров поджима 12 и развивая усилия на поршнях, сдвигают штоки 13 влево (условно по рис. 2), нагружая ими поверхности полувитков подвижной секции 2 и создавая тем самым их упругую деформацию. В результате данные полувитки прижимаются к полувиткам неподвижной секции 3, обеспечивая необходимое контактное давление и, следовательно, минимальные значения межвитковых электрических сопротивлений в зонах сочленений обеих секций. Пропуская ток по виткам таким образом сформированного соленоида 1, создают продольное намагничивающее поле в оси 27. После выключения тока намагничивания разъемный соленоид 1 приводят в исходное состояние, устанавливая рукоятки 22 вначале пневмораспределителя 19 и затем пневмораспределителя 18 в положения «ВЫКЛ».

Предлагаемый соленоид выгодно отличается от устройств, применяемых в ремонтном производстве подвижного состава, так как

- отпадает необходимость в ручном замыкании соленоида и в ручных манипуляциях по обеспечению необходимого межвиткового контактного давления. Эти операции выполняются автоматически и дистанционно с помощью пульта управления, т. е. труд оператора становится безопасным, в значительной степени автоматизированным и более производительным;

- износ полувитков в зонах сочленений устранен в максимальной степени, что предопределяет повышенную надежность разъемного соленоида в работе.

Список литературы

1. Пат. 2632369 РФ, МПК G01M 17/ 00. Разъемный соленоид / Р. А. Ахмеджанов, В. С. Кашка. Заявл. 09.03.2016; опубл. 04.10.2017. БИ № 28.

УДК 625.143.482

А. С. Ильиных, М. С. Галай, Э. С. Сидоров

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АЛЮМИНОТЕРМИТНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЕЛЬСОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Приведен анализ технологического процесса получения сварных соединений рельсов алюминотермитным способом сварки. Установлено, что шлифование сварных швов выполняют при высоких температурах металла, значения которых могут достигать 600 – 850 °С. Представлены результаты экспериментального исследования процесса шлифования сварных швов рельсов при разных остаточных послесварочных температурах. Определено влияние температуры начала выполнения шлифования на твердость и шероховатость поверхности катания головки рельса в зоне сварного шва. Наиболее высокие значения показателей твердости и чистоты поверхности были достигнуты в результате шлифования при остаточной послесварочной температуре 600 °С.

Алюминотермитный способ сварки в настоящее время является незаменимым при выполнении работ по соединению рельсов стрелочных переводов и пересечений. Электроконтактный способ сварки, получивший наиболее широкое распространение не может быть использован в стрелочных переводах и рельсовых пересечениях, так как в их стесненных условиях невозможно разместить сварочную головку рельсосварочной машины.

Следует отметить, что в соответствии с нормативными документами на сварку рельсов [1, 2] для алюминотермитных соединений установлены более низкие значения основных показателей механических свойств, чем для стыков полученных способом контактной электросварки. Кроме того, значения твердости металла поверхности катания головки рельса в зоне сварного шва

могут быть ниже установленных техническими условиями [1, 3, 4]. В процессе эксплуатации рельсовых соединений имеющих пониженную твердость в зоне сварного шва могут появляться смятия головки рельса, образовываться седловины и местные короткие неровности [5]. В качестве одного из способов обеспечения необходимых показателей качества сварных швов может быть рассмотрено совершенствование технологического процесса получения алюминотермитных рельсовых соединений.

В технологическом процессе соединения рельсов алюминотермитным способом сварки возможно выделить два основных этапа. Первый этап включает в себя операции по подготовке рельсов и оборудования для выполнения сварочных работ и непосредственно сам процесс сварки, которой завершается после кристаллизации металла сварного шва. На втором этапе производят механическую обработку сварного шва для получения геометрических характеристик головки рельса соответствующих требованиям технических условий [1, 6].

Подготовительные операции выполняют на месте проведения работ. Концы рельсов, подлежащих сварке, обрезают таким образом, чтобы зазор между торцевыми поверхностями составлял 24 – 26 мм. Затем на соединяемые рельсы устанавливают литейную форму и производят ее герметизацию. В результате стенки формы и торцы рельсов образуют полость, предназначенную для удержания жидкого металла, образующегося в результате термитной реакции, до момента завершения его кристаллизации и формирования сварного шва.

Получение жидкого металла для заполнения литейной формы обеспечивается за счет термитной реакции между порошкообразным алюминием и оксидами железа протекающей в специальном тигле. В процессе химической реакции происходит восстановление железа из его оксидов за счет окисления алюминия. Реакция сопровождается выделением большого количества тепла, в результате чего температура получаемого жидкого металла может достигать 2800 – 3000 °С [6, 7]. Благодаря такой высокой температуре термитный металл оплавляет торцы рельсов, образуя сварочную ванну.

После установки литейной формы, перед заливкой термитного металла из тигля, выполняют подогрев концов рельсов вместе с формой до температуры 800 – 900 °С. Это позволяет гарантированно обеспечить сплавление металла рельса с металлом шва по всей площади торцевых

поверхностей соединяемых рельсов. Температура подогрева и способы её контроля регламентированы нормативными документами [1, 6].

Процесс образования жидкого металла в тигле из термитного порошка занимает менее 30 с. Расплавленный металл заполняет литейную форму и через 180 – 210 с завершается процесс его кристаллизации. Затем демонтируют сварочное оборудование и выполняют ряд операций, направленных на формирование необходимого профиля головки рельса сварного шва. Вначале удаляют прибыльную часть кузнечными клещами и производят очистку сварного шва от литейной формы, подготавливая таким образом сварное соединения для установки гидравлического обрезающего приспособления. Срезание излишков металла с головки рельса сварного шва с помощью такого приспособления требует 10 – 15 с. Остатки надрезанного приспособлением металла срубают зубилом и кувалдой. После выполнения этих операций сварной шов возвышается над головкой рельса на 3 – 4 мм.

Завершающей операцией в технологическом процессе получения алюминотермитных сварных соединений рельсов является шлифование, которое позволяет удалить излишки металла в зоне сварного шва головки рельса, придав сварному соединению необходимые геометрические параметры. Операцию шлифования выполняют сразу после срубания излишков металла зубилом, при этом горячий металл может иметь цвет от красного до темно-вишневого. Основываясь на цвете калия металла возможно предположить, что температура поверхности сварного шва в момент начала выполнения шлифования составляет порядка 700 – 800 °С. Нормативными документами не установлен диапазон температур, при которых следует выполнять шлифование сварных швов. Кроме того, в литературных источниках отсутствуют сведения о влиянии шлифования металла сварных швов при столь высоких температурах на формируемые в процессе его обработки свойства металла. Поэтому проведение исследований, направленных на установление связей между остаточными послесварочными температурами металла перед началом выполнения шлифования и получаемыми в результате шлифования значениями показателей качества сварных швов, является актуальным.

Экспериментальная часть проведенного исследования заключалась в выполнении операции шлифования сварных швов алюминотермитных рельсовых стыков при разных остаточных послесварочных температурах.

Сварка рельсов и подготовка сварных швов к проведению шлифования была выполнена в соответствии с требованиями технических условий и технологической инструкции [1, 6]. После срезания грата и удаления обрезков металла зубилом измеряли температуру поверхности головки в зоне сварного шва подлежащую механической обработке с помощью цифрового пирометра Mastech MS6550A. Значения температуры зависели от суммарного времени, затраченного на выполнение предшествующих операций, и составляли 850 – 600 °С. В рамках эксперимента шлифование начинали выполнять при остаточных послесварочных температурах поверхности сварного шва 850, 800, 700 и 600 °С гидравлическим шлифовальным станком СШГ–1 с использованием абразивных кругов зернистостью Р80. Время воздействия абразивного инструмента на сварные швы составляло 5 – 7 мин.

После полного остывания сварных соединений были проведены измерения шероховатости шлифованной поверхности сварных швов профилометром Mahr MarSurf PS1 в соответствии с требованиями ГОСТ [8]. Согласно результатам измерений, представленным на рис. 1, значения шероховатости поверхности снижаются при понижении начальной температуры выполнения операции шлифования. Вероятно, это связано с повышением твердости металла по мере снижения его температуры, что препятствовало проникновению абразивных зерен на большую глубину.

Кроме того, была определена твердость металла поверхности катания сварных швов рельсовых соединений с помощью стационарного твердомера HBRV–187.5 в соответствии с требованиями ГОСТ [9]. Измерения проводили по методу Роквелла. Показания прибора считывали по шкале С. Результаты измерений приведены на рис. 1. Наиболее высокие значения твердости 33 – 36 HRC имели сварные швы, шлифованные при остаточных послесварочных температурах 600 и 850 °С. Проведение механической обработки при температуре металла поверхности катания 800 °С привело к снижению твердости до 30 – 31 HRC. Значения твердости металла сварных швов, шлифованных при температуре 700 °С были ниже минимально допустимых техническими условиями [1] для алюминотермитных сварных стыков и составляли 24 – 25 HRC. Эксплуатация сварных швов с пониженной твердостью металла поверхности катания может привести к образованию дефекта смятие головки рельса.

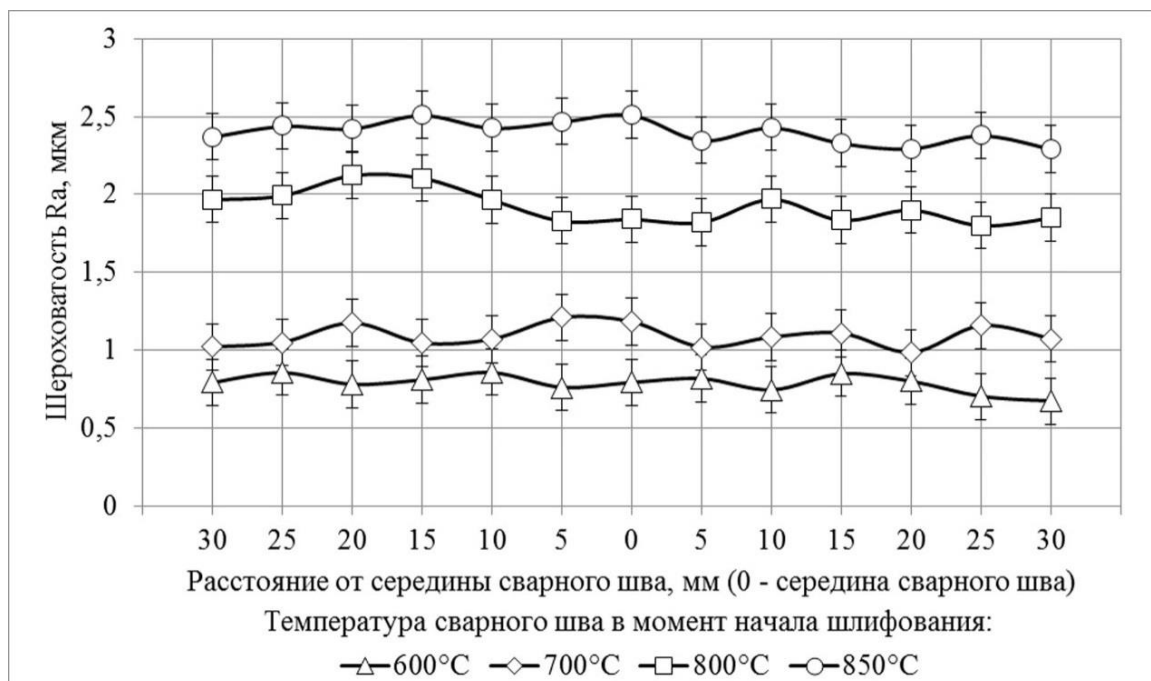


Рис. 1. Шероховатость поверхности катания сварных швов алюминотермитных соединений рельсов после шлифования при разных температурах

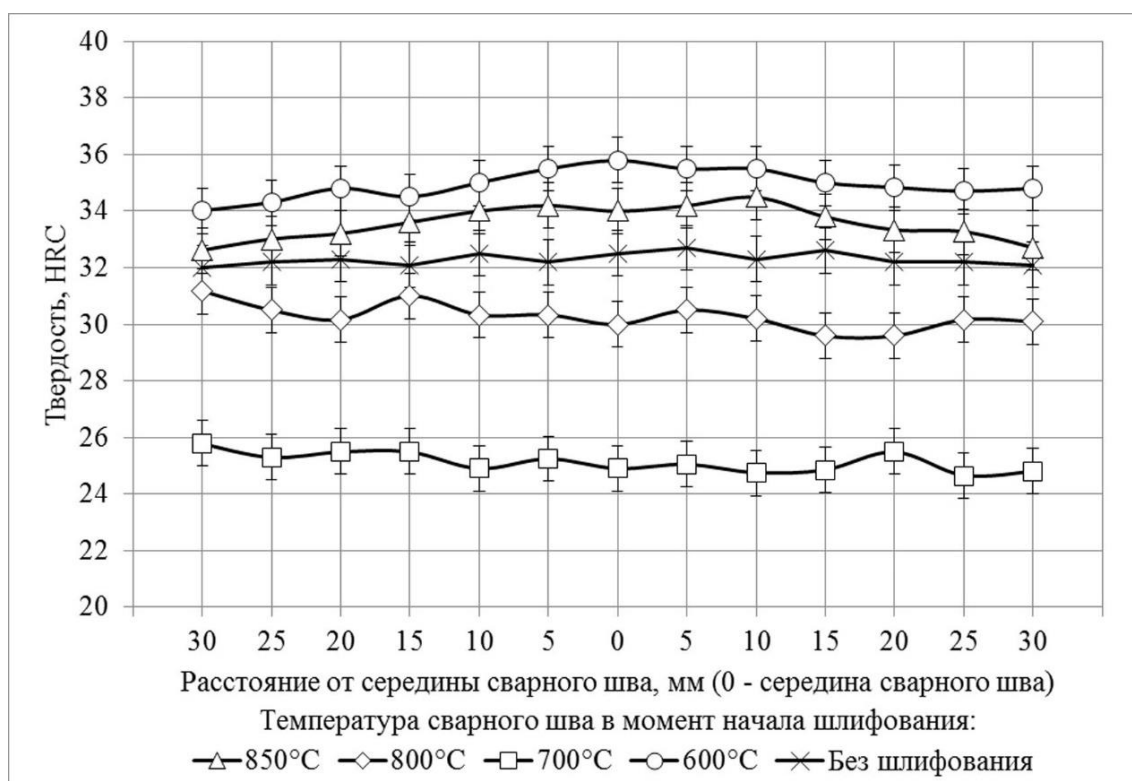


Рис. 2. Твердость металла поверхности сварных швов алюминотермитных соединений рельсов после шлифования при разных температурах

На основе полученных в результате проведенного исследования данных возможно сделать вывод, что шлифование является операцией, которая служит не только для получения необходимой формы головки рельса сварного шва, но и может оказывать влияние на процесс формирования механических свойств металла шва. Таким образом, обеспечение требуемых показателей качества сварных швов алюминотермитных рельсовых соединений может быть достигнуто за счет совершенствования технологического процесса механической обработки, в частности путем назначения оптимальных температурных режимов шлифования. Согласно результатам исследования, для достижения наилучших показателей твердости и шероховатости необходимо выполнять операцию шлифования при остаточной послеварочной температуре металла поверхности катания сварного шва 600 °С.

Список литературы

1. ТУ 0921-127-01124323-2005. Сварка рельсов алюминотермитным методом промежуточного литья. Технические условия [Текст]. Введ. 01.04.2005. – М.: ФГУП ВНИИЖТ, 2005. – 16 с.
2. СТО РЖД 1.08.002-2009. Рельсы железнодорожные, сваренные электроконтактным способом. Технические условия [Текст]. Введ. 02.11.2009. – М.: ОАО «РЖД», 2009. – 41 с.
3. Исследование структуры и механических свойств алюминотермитных сварных соединений рельсов / Л. Б. Тихомирова, А. С. Ильиных и др. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. – 2016. – Т. 16. – С. 90 – 95.
4. Каргин, В. А. Упрочнение сварных соединений рельсов методом поверхностного пластического деформирования / В. А. Каргин, Л. Б. Тихомирова, М. С. Галай // Обработка металлов: научно-техн. и производ. журн. – 2010. – Новосибирск: – № 3 (48). – С. 17 – 18.
5. Шур, Е. А. Повреждения рельсов / Е. А. Шур – М.: Интекст, 2012. – 192 с.
6. ИТ 0921-001-59033294-2005. Технология алюминотермитной сварки рельсов методом промежуточного литья фирмы «СНАГА». Инструкция технологическая [Текст]. Введ. 01.04.2005. – М.: ЗАО «СНАГА», 2005. – 30 с.

7. Пасько, С. В. Алюминотермитная сварка рельсов методом промежуточного литья по технологии фирмы «СНАГА»: учеб. пособие. / С. В. Пасько, Л. Б. Тихомирова, О. В. Болотова – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. – 100 с.

8. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики [Текст]. – Взамен ГОСТ 2789–59; введ. 1975–01–01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.

9. ГОСТ 9013–59 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу [Текст]. – Введ. 1969–01–01. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 7 с.

УДК 621.7.068

Н. Т. Смайлова

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОЛОВКИ ТОЛКАТЕЛЯ ПРОШИВНОГО СТАНА

На предприятии ТОО «KSP Steel» для изготовления бесшовных горячекатаных труб используется прошивной стан, в статье предлагается модернизировать головку толкателя прошивного стана для увеличения его производительности и уменьшения межремонтного цикла.

«KSP Steel» – это уникальное предприятие, единственный производитель стальных бесшовных труб различного диаметра и назначения. в Казахстане. Завод основан в 2007 году на территории бывшего Павлодарского тракторного завода.

«KSP Steel» – предприятие с законченным циклом производства – от сырья до готовой продукции. Производственный комплекс завода включает сталеплавильный цех, трубопрокатное производство и линии чистовой обработки труб.

Трубопрокатные агрегаты с автоматическим станом и станами-танDEM относят к числу наиболее распространенных для производства бесшовных горячекатаных труб. На таких агрегатах производят свыше 30% всех горячекатаных труб.

В условиях массового производства сокращение аварийных простоев, уменьшение межремонтного цикла без существенных капиталовложений, за

счёт конструкционных решений, является важной задачей каждого предприятия.



Рис. 1. Прошивной стан

Прошивной стан предназначен для изготовления бесшовных горячекатаных труб. Сырье для производства горячекатаных труб в виде круглых штанг поступает с металлургических комбинатов.

После разогрева заготовки в карусельной печи и разрезания, заготовка подается на прошивной стан с поперечно-винтовой прокаткой.

Валки прошивного стана придают заготовке вращательно-поступательное движение, а линейки удерживают заготовку на оси проката, таким образом заготовка «навинчивается» на оправку и в результате прошивки получается полая гильза.

Характерная особенность поперечно-винтовой прокатки – это разрушение сердцевины металла и образование полой области, которое происходит, если обжатие заготовки превышает некоторую критическую величину. Эта особенность и лежит в основе процесса прошивки. Если оправку изъять из прошивного стана, то внутренняя полая полость в гильзе все равно будет получена, только она не будет прокатана, а стенка будет иметь произвольную толщину. Следует отметить, что преждевременное вскрытие внутренней полости при прошивке является основной причиной дефектов внутренней поверхности.

На настоящий момент не существует единой точки зрения на физику процесса вскрытия внутренней полости. По разному трактуются эпюры осевых,

радиальных и тангенциальных (раскручивающих, направленных по касательной) напряжений. Согласно одной теории в основе лежит твердое (хрупкое) разрушение внутреннего слоя давлением внешних слоев, согласно другой теории в основе физики процесса лежит пластическая деформация.

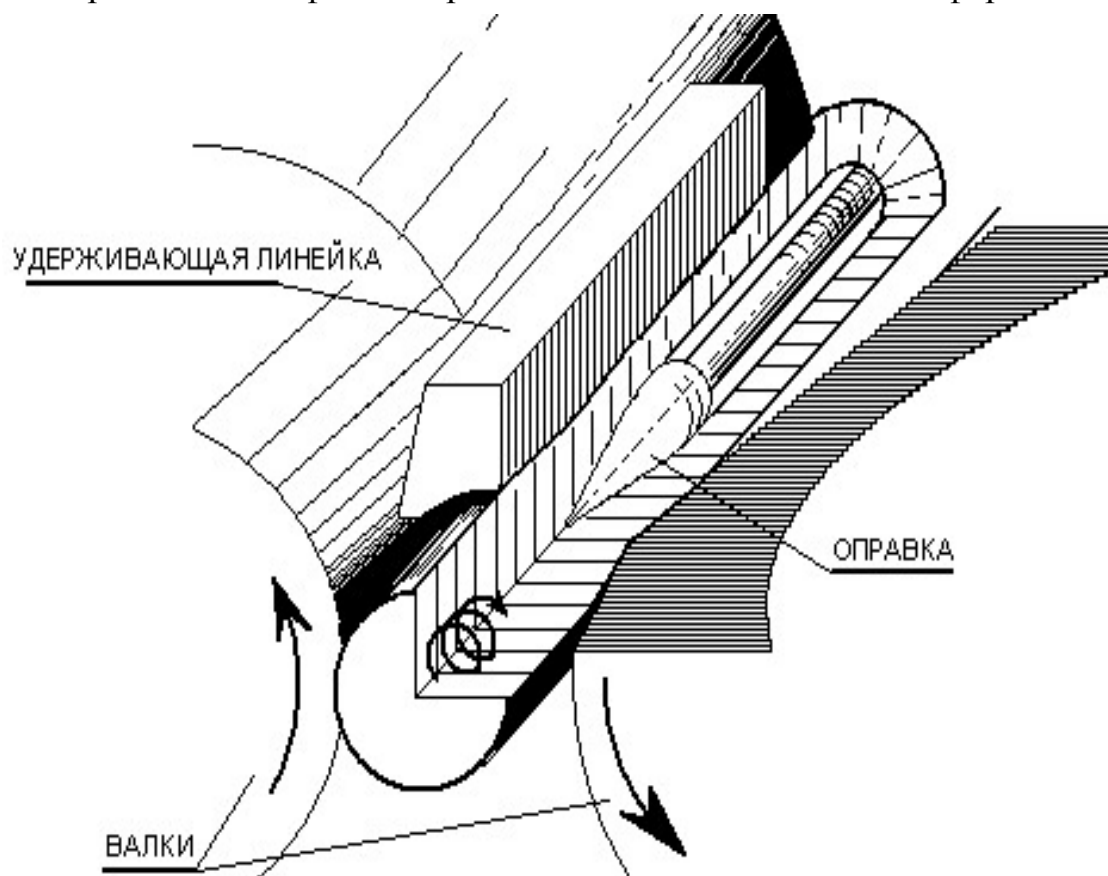


Рис. 2. Эскиз очага деформации в изометрии

Упрощенно, причинами образования внутренней полости является возникновение растягивающих напряжений, действующих в направлениях перпендикулярных сжимающим усилиям валков. Внешние слои, удлиняясь под обжимающим действием валков (овализация), «утягивают» за собой и внутренний центральный слой, а вращение заготовки приводит к тому, что напряжения в сердцевине металла становятся знакопеременными, что и приводит в конечном счете к разрушению сердцевины. Согласно одной из теорий, разрушение происходит тогда, когда нормальные растягивающие усилия достигают предела хрупкой прочности, согласно другой теории, разрушение возникает тогда, когда в осевой зоне разность растягивающих напряжений превышает предел текучести. При прошивке заготовки обжатие должно быть меньшим критического, для предотвращения самопроизвольного

вскрытия полости перед оправкой.

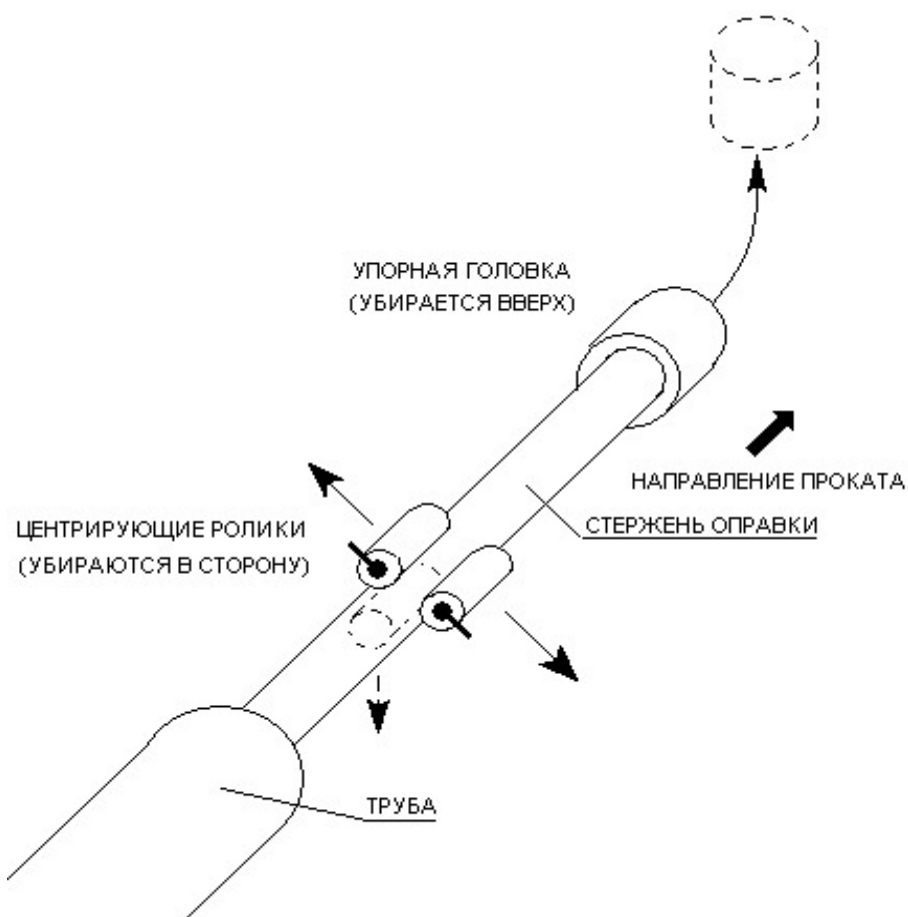


Рис. 3. Эскиз выходного участка прошивного стана

При входе заготовки в прошивной стан стержень оправки удерживается упорной головкой и тремя роликовыми зажимами, каждый из которых состоит из трех роликов расположенных под углом 120° , позволяющими стержню оправки вращаться вокруг своей оси, но удерживающие стержень на оси проката. При прошивке выходная часть гильзы «бьется» вокруг оси проката и раскачивает оправку, которая удерживается роликовыми захватами. По мере подхода прошитой заготовки к очередному роликовому захвату, он открывается и пропускает прошитую заготовку через себя. На момент выхода заднего конца заготовки из валков, все роликовые захваты открыты, как только задний конец выходит из прошивного стана, стержень оправки перехватывается зажимами у линеек, а удерживающий упор открывается и полученная прошитая заготовка, – гильза, «уходит» с линии прошивного стана. При прокате оправка удерживается неподвижной, поочередно, упорной головкой (при прокатке), или захватом у линеек, после завершения прошивки и снятия гильзы с оправки.

Вид оправки приведен на рис. 4. На стержень устанавливается патрон, на который насаживается коническая оправка.

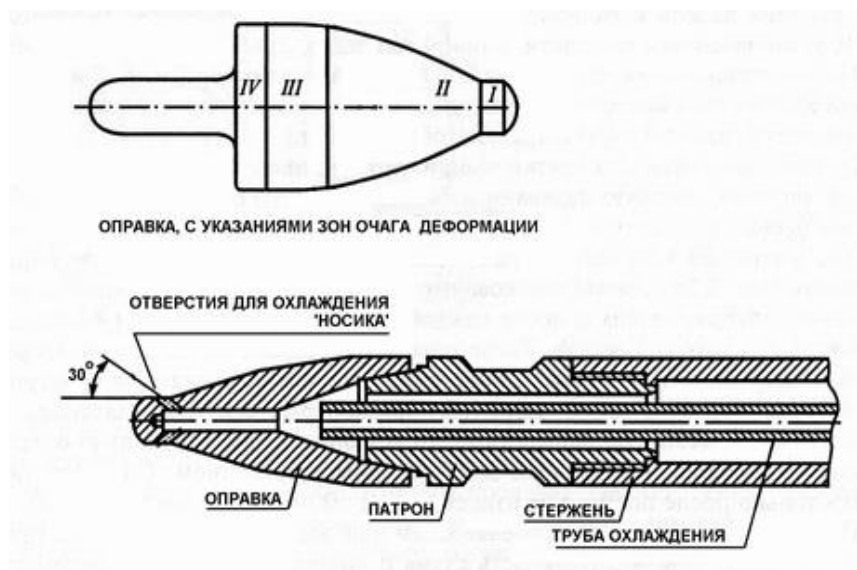


Рис. 4. Оправка прошивного стана

По центру стержня оправки расположена дополнительная труба для подвода воды системы охлаждения. Через данную трубу вода поступает в оправку и затем сливается во внутреннюю полость стержня, имеющего отверстия для слива. Для охлаждения «носика» оправки в нем расположены 3 небольших отверстия для подачи воды, которая сливается внутрь гильзы.

Вода в стержень оправки подается через упорную головку. Когда головка, отводится вверх клапан подачи воды механически перекрывается. Подача воды осуществляется только тогда, когда стержень уперт в упорную головку. Длина гильзы после прошивки составляет около 5 метров.

После каждого прохода оправку удаляют со стержня, а рабочие валки разводят для передачи трубы на входную сторону автоматического стана. Возврат трубы на входную сторону осуществляется роликами обратной подачи (РОП), которые расположены на выходной стороне стана и имеют направление вращения, противоположное направлению вращения рабочих валков. Валки автоматического стана обычно многоручьевые с разными калибрами, что позволяет без перевалки прокатывать трубы различных диаметров. С этой целью передний стол может перемещаться и устанавливаться таким образом, чтобы ось входной стороны совпадала с осью требуемого калибра. Длина выходной стороны автоматического стана определяет наибольшую возможную

длину прокатываемых труб и в современных установках достигает 12-16 м.

Наиболее распространенным способом получения труб из сплошных заготовок является прошивка на станах винтовой прокатки. При оценке качества труб, получаемых винтовой прокаткой, основное внимание уделяют состоянию их поверхности и точности геометрических размеров. На практике наиболее распространенным и трудноустраняемым видом брака бесшовных труб являются внутренние плены и трещины прокатного или металлургического происхождения. Возникновение их при прокатке в основном связано с центральным разрушением металла, перед носком головки толкателя, во время процесса прошивки заготовок труб, вызванным специфическими условиями деформации металла в осевой зоне.

На качество труб также значительное влияние оказывает состояние прокатного инструмента. Головки толкателя, рабочие валки и направляющий инструмент работают в тяжелых условиях при высокой температуре, давлении и циклическом нагреве и охлаждении, что приводит к образованию разгарных трещин, оплавлению и потере формы рабочих поверхностей. При этом немаловажное значение имеет расчетная калибровка технологического инструмента прошивного стана, которая помимо высокого качества труб должна обеспечивать рациональное формоизменение металла, получение необходимых геометрических размеров, достаточную износостойкость инструмента и производительность стана.

В связи с изложенным, наиболее распространённым видом износа при прошивке является деформация головки толкателя прошивного стана, изготовленной из цельного куска металла конструкционной стали, и прикручиваемой к штоку толкателя.

С целью устранения данного вида износа головки предлагается модернизировать конструкцию водоохлаждаемой головки. Необходимо заменить материал головки на сталь 12Х2МФСР, твердость 30 HRC, рабочая температура 450-600⁰С. Модернизированная конструкция представляет собой следующее: к головке толкателя, посаженной в патрон, через трубу охлаждения подводится вода. В «носовой» части головки выполнены три отверстия под углом 30⁰ к продольной оси. Через эти отверстия на «носик» головки толкателя подаётся охлаждающая вода.

Таким образом, «носик» головки толкателя прошивного стана не

подвергается большому температурному воздействию и деформации, что значительно повышает срок эксплуатации и качество выпускаемой продукции, обеспечивая необходимые геометрические формы и формы рабочей поверхности труб.

Преимуществами головки толкателя прошивного стана после модернизации являются следующие: меньшее количество текущих ремонтов в межремонтном периоде, а также небольшие затраты на капитальный ремонт; значительно большая наработка на один отказ, что позволит снизить текущие издержки потребителя при эксплуатации прошивного стана.

Список литературы

1. Технология прокатного производства / С. А. Машеков, И. И. Кузьминов и др. – Алматы: TETAPRINT, 2007. – 334 с.
2. Королев, В. В. Управление процессами прокатного производства с помощью ЭВМ: Учебное пособие для вузов / В. В. Королев – М.: Металлургия, 1986. – 232 с.
3. Гребеник, В. М. Надежность металлургического оборудования. Справочник / В. М. Гребеник, В. К. Цапков – М.: Металлургия, 1980. – 344 с.
4. Технология прокатного производства. В 2-х книгах. Кн. 1. Справочник: Беняковский М.А., Богоявленский К.Н. и др. М. Металлургия, 1991 г. – 440 с.
5. Башнин, Ю. А. Технология термической обработки стали. Учебник для вузов / Ю. А. Башнин, Б. К. Ушаков, А. Г. Секей – М.: Металлургия, 1986. – 424 с.
6. Общие правила безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности. – ПОТ 0-016-2000, Астана, 2001 г.

А. В. Костюков, А. В. Щелканов, Е. А. Бурда

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДАМИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ И ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

В настоящее время метод вибродиагностики является одним из основных методов, применяемых при производстве и ремонте асинхронных электродвигателей для диагностирования их технического состояния по параметрам вибрации подшипниковых узлов. В то же время такие двигатели могут иметь специфичные дефекты электромагнитной системы – дефекты активной стали и обмоток статора, беличьей клетки ротора и другие. Эти дефекты выявляются методами вибродиагностики, но их локализация и классификация зачастую затруднены, поскольку в вибросигналах могут находить отражение процессы, происходящие в обмотках различных фаз статора, активной стали статора и проводящей системе ротора. Применение метода частичных разрядов позволяет повысить точность диагностирования, так как различные дефекты электромагнитной системы имеют свои характерные значения параметров частичных разрядов, что позволяет установить фазу обмотки статора, в которой развивается дефект, и его тип. Совместное применение методов вибродиагностики и частичных разрядов повышает качество контроля асинхронных электродвигателей и позволяет более полно оценивать изменение их технического состояния в процессе эксплуатации.

Асинхронные электродвигатели (АЭД) являются одним из наиболее распространённых типов промышленного электрооборудования. Как следствие существует насущная потребность в разработке современных методов диагностирования их технического состояния, в том числе на испытательных стендах. При этом следует стремиться к полной автоматизации процесса диагностирования для исключения человеческого фактора с целью достижения максимальной достоверности, эффективности и производительности диагностики [1].

Согласно общедоступным данным [2,3], механические и электрические причины выхода АЭД из строя составляют, соответственно, порядка 41 % и 47 % в общем числе отказов. При этом дефекты обмоток статоров составляют до 80 % выходов АЭД из строя по электрическим причинам.

Как правило, в стендах для испытаний АЭД реализуются методы вибродиагностики (ВД), позволяющие оценивать состояние АЭД путём измерения параметров вибрации. Также обычно отслеживаются параметры температуры, частоты вращения и тока потребления, но изоляция обмоток статоров АЭД обычно не контролируется. Этот факт, в совокупности с показанной выше статистикой выхода АЭД из строя по электрическим причинам, делает вопрос контроля состояния изоляции АЭД очень актуальным. Тем не менее, если на сегодняшний день методы вибродиагностики широко представлены в многочисленных публикациях, например [4], то вопросы контроля изоляции АЭД с помощью стендовых систем освещены мало.

Для применения типовых методов контроля состояния изоляции АЭД необходимы дополнительные затраты, они применимы, как правило, только к выведенным из эксплуатации АЭД и не лишены других недостатков. Так, испытания повышенным напряжением могут ухудшить состояние изоляции и требуют повышенных мер безопасности, а измерения коэффициентов абсорбции и поляризации позволяют оценить только общее состояние изоляции – степень её увлажнения и старения, не выявляя локальные дефекты.

Рассматриваемый в исследовании метод частичных разрядов является перспективным методом диагностирования дефектов изоляции обмоток статоров АЭД и, как показывает практика, может быть эффективно интегрирован в функционал существующих испытательных стендов.

Согласно определению, приведённому в [5], частичный разряд – это электрический разряд, который шунтирует лишь часть изоляции между электродами, находящимися под разными потенциалами.

Предпосылкой к возникновению частичных разрядов (ЧР) является наличие в изоляции мест, имеющих отличные от основной изоляции диэлектрические свойства. Это могут быть дефекты изоляции, включения, расслоения, пустоты между слоями изоляции и загрязнения на её поверхности. Также ЧР могут возникать в местах резкого изменения напряжённости электрических полей, например, в лобовых частях обмоток.

Сопровождающие ЧР негативные факторы, например, термическое воздействие, ультрафиолетовое излучение и иные факторы, ухудшают состояние изоляции и, как правило, приводят к развитию дефекта, полному

пробой изоляции, выходу электрооборудования из строя и возникновению аварийной ситуации.

К преимуществам метода ЧР можно отнести такие, как щадящее диагностирование АЭД под рабочим напряжением, использование датчиков ЧР различных типов – ёмкостных, индуктивных, электромагнитных, акустических и возможность проведения диагностики во время работы АЭД – при испытаниях или эксплуатации.

На рис. 1 показана структурная схема доработанной стендовой системы КОМПАКС®-РПЭ производства НПЦ «Динамика» (Омск), предназначенной для контроля технического состояния АЭД по параметрам вибрации, температуры, частоты вращения и тока потребления. Этот испытательный стенд был оснащён подсистемой ЧР для контроля состояния изоляции диагностируемых АЭД параллельно с измерением основного набора параметров.

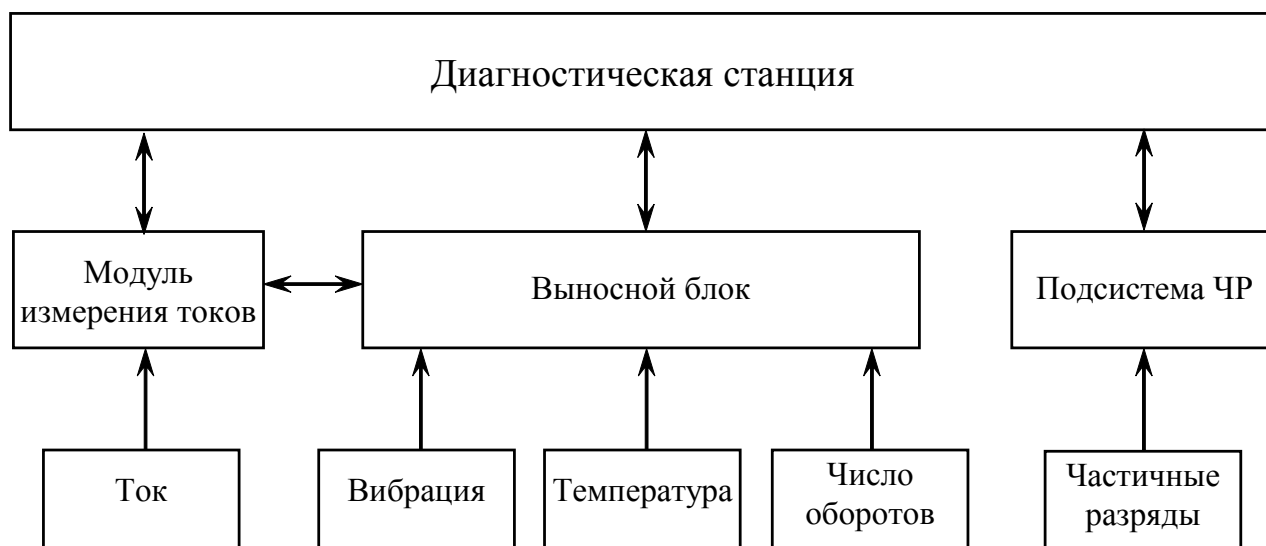


Рис. 1. Структурная схема испытательного стенда

Диагностическая станция предназначена для управления стендом, сбора и обработки измеренных значений диагностических признаков, отображения результатов диагностики АЭД и состояния системы, сохранения и вывода на печать результатов диагностики и прочей информации. Модуль измерения токов используется для контроля тока потребления испытываемого АЭД. Выносной блок используется для подключения и сбора информации с датчиков вибрации, температуры и частоты вращения при установке их на АЭД. Подсистема ЧР с подключёнными к ней датчиками частичных разрядов обеспечивает сбор и обработку параметров ЧР.

С помощью описанного стенда были проведены исследования свыше 4500 АЭД на напряжения 380 В и 6000 В на предмет наличия ЧР в их изоляции и определения соответствия показаний подсистемы ЧР результатам ВД.

Указанные исследования показали наличие ЧР, параметры которых превышали пороговые значения, установленные в ходе работ, для 5 % всех испытанных высоковольтных (6000 В) и 2 % низковольтных (380 В) АЭД. При этом следует отметить, что электроразрядная активность в АЭД не ограничивается только классическими ЧР. Например, искровые явления возможны в обмотках и контактах АЭД на 380 В, а искрения и дуговые явления в активной стали статора возможны в АЭД всех классов напряжения [6].

Пример сопоставления показаний методов ЧР и ВД показан ниже. На рис. 2. приведён спектр виброускорения на заднем подшипниковом узле АЭД типа ВАО2-450LB2. Из спектра видно, что основной вклад в уровень СКЗ сигналов виброускорения вносят гармонические составляющие на частотах 50, 100, 300 и 1893 Гц, при этом гармоники высокой частоты, сдвинутые относительно пазовой на ± 2 и $\pm 4 f_{\text{сети}}$, выражены слабо. Такая маска спектра, говорит о возможном дефекте электромагнитной системы АЭД, а именно о возможном повреждении изоляции обмотки статора АЭД [4].

На рис. 3 показано амплитудно-фазовое распределение ЧР для фазы А обмоток статора указанного АЭД типа ВАО2-450LB2. Амплитуда ЧР при этом достигала 3631 мВ, частота повторения 1645 имп/с, а суммарная мощность ЧР составляла 8.9 мВт. Исходя из этих параметров состояние изоляции по ЧР можно оценить как недопустимое. При этом показанное распределение ЧР говорит о наличии полости или крупного расслоения в изоляции фазы А обмотки статора [7].

Таким образом, результаты диагностирования изоляции статора этого АЭД методом ЧР подтверждают выводы, полученные с помощью метода ВД, при этом позволяя уточнить тип дефекта изоляции, его локализацию и степень развития.

Необходимо отметить высокую чувствительность метода ЧР, позволяющую фиксировать потенциальные дефекты изоляции на ранней стадии, задолго до достижения ими такой степени развития, которая может быть зарегистрирована методом ВД, а также фиксировать дефекты, недоступные контролю другими методами.

СКЗ: 3.56 МАКС: 2.53
 оборотная: 49.85 Гц

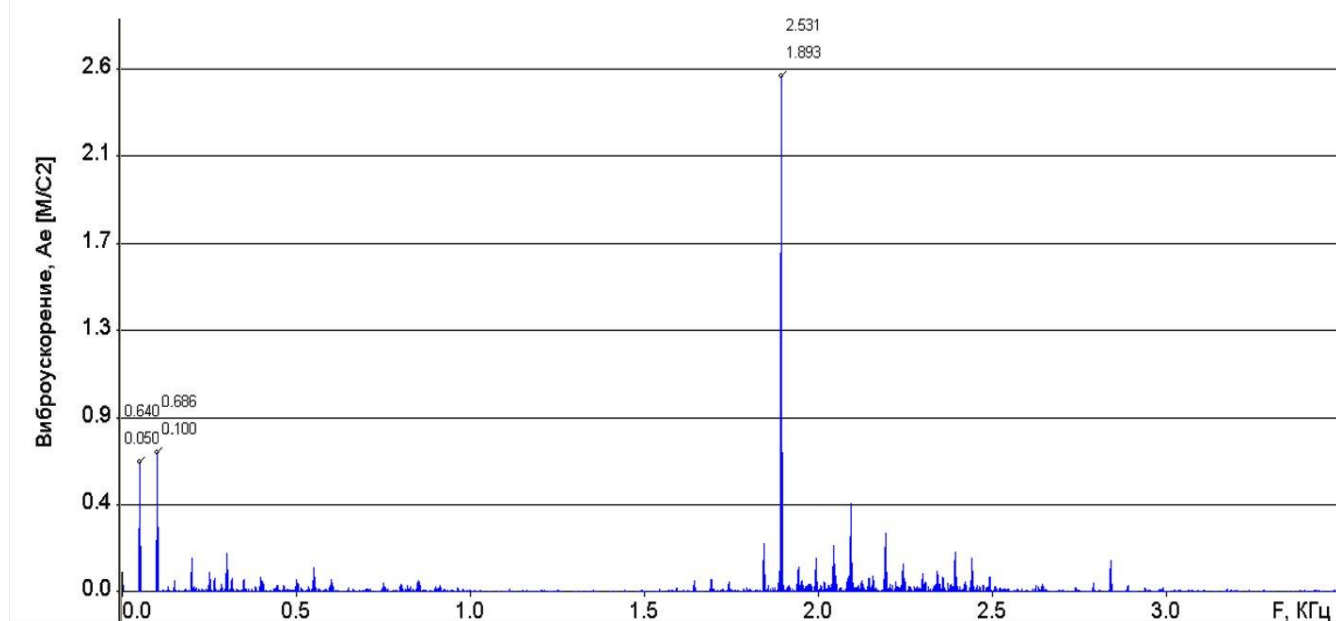


Рис. 2. Спектр виброускорения на заднем подшипниковом узле АЭД
 типа ВАО2-450LB2 (6000 В, 400 кВт)

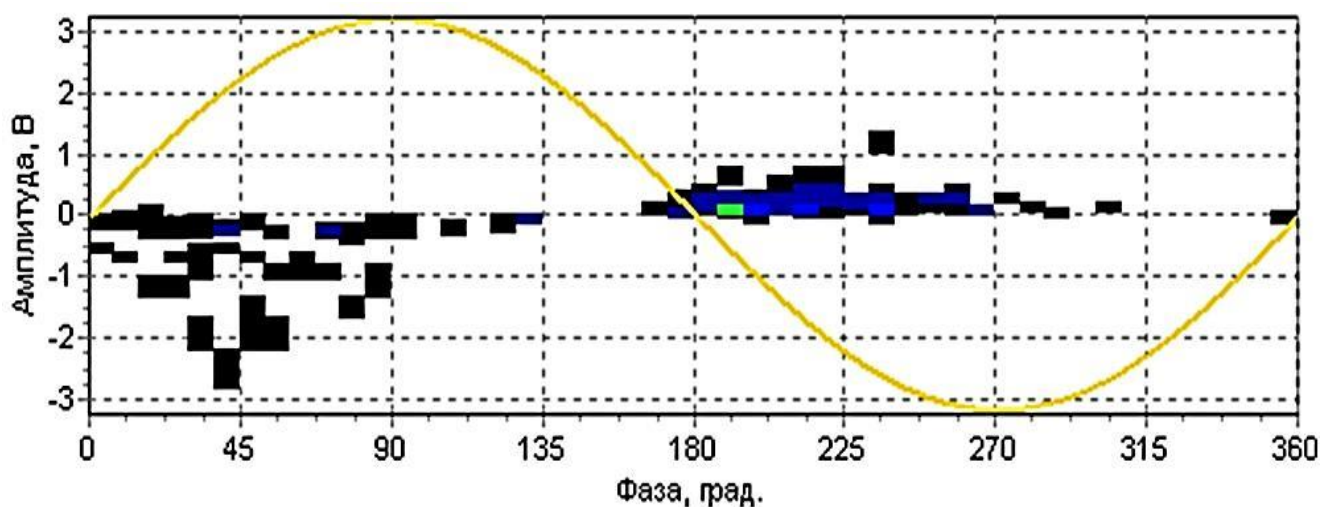


Рис. 3. Амплитудно-фазовое распределение ЧР для фазы А
 статора АЭД ВАО2-450LB2 (6000 В, 400 кВт)

Например, при испытаниях во время ремонта одного из высоковольтных АЭД подсистемой ЧР в фазе А статора этого электродвигателя были зафиксированы частичные разряды с амплитудой до 20 мВ и частотой повторения до 105 имп/с. При проведении дополнительного контроля было обнаружено показанное на рис. 4 загрязнение лобовых и пазовых частей

обмоток смазочными материалами. Такое загрязнение при эксплуатации АЭД, как правило, приводит к выходу его из строя из-за развивающихся дефектов изоляции.



Рис. 4. Пример загрязнения обмотки статора испытываемого АЭД

После дополнительной очистки статора на специализированном участке ремонт АЭД был продолжен, при этом повторные испытания показали снижение до нуля значений параметров ЧР после устранения загрязнения.

Показанные выше результаты исследований подтверждают высокую чувствительность метода ЧР и эффективность применения его в комплексе с методами ВД и другими методами технической диагностики, реализованными в стендовых системах для испытаний АЭД.

Такой подход повышает полноту диагностики электродвигателей, так как одновременно контролю подвергаются как механические, так и электрические составляющие АЭД. При этом контролируется даже наличие зарождающихся дефектов изоляции и факторов, способствующих их возникновению, таких, как загрязнения и наличие посторонних частиц.

Внедрение методов контроля параметров ЧР при производстве и ремонте электродвигателей позволяет исключить выпуск в эксплуатацию АЭД с потенциальными дефектами и повысить надёжность их применения, что имеет особое значение для опасных производственных объектов.

Список литературы

1. Костюков, В. Н., Мониторинг безопасности производства [Текст] / В. Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2002. – 224 с.
2. Сидельников, Л. Г. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации [Текст] / Л. Г. Сидельников, Д. О. Афанасьев. – Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело, 2013. – № 7. – С. 127 – 137.
3. On-line partial discharge (OLPD) insulation condition monitoring solutions for rotating high voltage (HV) machines [Текст]/ L. Renforth, M. Foxall and etc. – IEEE. – PCIC ME-28. – 12 p.
4. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Ф. Я. Балицкий, А. В. Барков и др. Вибродиагностика. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 829 с.
5. ГОСТ Р 55191-2012 (МЭК 60270:2000), Методы испытаний высоким напряжением. Измерения частичных разрядов [Текст] / М: Стандартинформ, 2014. – 56 с.
6. Методические указания: МУ 1.3.3.99.0036-2009, Диагностика изоляции вращающихся машин классов напряжения от 0,4 кВ до 24 кВ по характеристикам частичных разрядов [Текст] / – ОАО «Концерн Росэнергоатом», 2009. – 81 с.
7. ГОСТ IEC/TS 60034-27-2 – 2015, Машины электрические вращающиеся. Часть 27-2. Измерения частичного разряда на изоляции статорной обмотки включенных в сеть вращающихся электрических машин [Текст] / – Введ. 2017-01-03. М: Стандартинформ, 2016. – 42 с.

А. Б. Кильдибеков, В. В. Петров, К. С. Петров

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В работе рассмотрен подход к эффективному решению задачи внедрения инновационных технологий и импортозамещения для совершенствования инструментальной техники и технологической оснастки на машиностроительных производствах и ремонтных предприятиях. Дан анализ возможности применения отечественных оптоэлектронных измерительных преобразователей с примерами использования описанных устройств в машиностроительном производстве. Сделаны выводы о достоинствах применения различных оптоэлектронных измерительных устройств на предприятиях машиностроения.

На современном этапе развития средства измерения, применяемые в машиностроении, выходят на качественно новый уровень. В настоящее время контрольно-измерительные работы, выполняемые работниками предприятий, постепенно находят новые технические решения, основанные на совместном применении отечественных измерительных преобразователей и микропроцессорных контроллеров для реализации интеллектуальных систем на основе компьютерных технологий [1]. Процесс внедрения современных информационных технологий происходит и в машиностроительном производстве на основе применения лазерной и оптоэлектронной техники в измерительных преобразователях, быстродействующих микропроцессорных контроллеров для сбора и предварительной обработки информации, компьютерной обработки результатов измерений в процессе производства оборудования [2].

Качество работы любых измерительных систем (даже при использовании алгоритмов искусственного интеллекта) в основном определяется точностью исходных данных, на которых базируются результаты и окончательные выводы. Основной постулат теории погрешностей измерений заключается в том, что не существует никаких алгоритмов обработки исходных данных,

позволяющих получить результат более точный, чем сами исходные данные. Однако, используя стохастические методы интеллектуальной обработки данных можно получить некоторую оценку точности и достоверности полученного результата. Этот принцип также справедлив и для информационных систем, входящих в структуру машиностроительных производств, но при этом дополнительно требуется еще и высокая эффективность алгоритмов, используемых в процессе обработки больших объемов исходных данных [3].

Очевидно, что, чем большую достоверность оценки результата измерения (параметров модели объекта) необходимо получить, тем большие массивы исходной информации следует обработать и выполнить более сложную процедуру вычислений. Но, чем больше выполняемых операций в составе алгоритма, тем больше будет накапливаться ошибка вычислений (в первую очередь за счет ошибок округления промежуточных результатов при использовании численных методов). Таким образом, основное направление снижения величины ошибки вычисления результата (исследуемого параметра модели объекта) – это снижение сложности алгоритмов и повышение точности исходных данных, то есть повышение точности входных измерительных преобразователей.

Измерительный преобразователь линейного перемещения – это прибор, предназначенный для определения величины линейного механического перемещения какого-либо объекта, имеющего только одну степень свободы. Поэтому подобные приборы имеют широкое распространение и большое число вариантов практического применения в самых разнообразных областях техники, в том числе и на машиностроительных производствах. По этой же причине производители выпускают множество различных типов измерительных преобразователей линейного перемещения, которые отличаются принципом действия, точностью, ценой и многими другими параметрами. Измерительный преобразователь иногда называют датчиком линейных перемещений, который определяет изменения местоположения объекта по одной координате.

По принципу действия датчики перемещения могут быть емкостными, индуктивными, ультразвуковыми, вихретоковыми, магниторезистивными,

магнитострикционными, на основе эффекта Холла, потенциометрическими, лазерными, оптическими и оптоэлектронными.

Емкостные датчики перемещения, в основе работы которых лежит взаимосвязь емкости конденсатора с его геометрической формой, и индуктивные датчики, у которых чувствительным элементом является трансформатор с подвижным сердечником, изменяющих потокоцепление между первичной и вторичной обмотками трансформатора, являются преобразователями параметрического типа с аналоговым выходным сигналом. К их достоинствам относят простоту и прочность конструкции, хорошую чувствительность, а основным недостатком таких датчиков является низкая точность и нестабильность параметров. Старение материалов и сложность технологических процессов изготовления датчиков этих типов ведут к разбросу параметров и необходимости регулярной калибровки.

В ультразвуковом датчике реализован принцип фиксации отраженных от объекта ультразвуковых волн, что позволяет реализовать бесконтактный способ измерения, но с ограниченной точностью и помехоустойчивостью. Поэтому ультразвуковые и вихретоковые датчики чаще используют в дефектоскопах. Магниторезистивные, магнитострикционные и датчики перемещения на основе эффекта Холла обладают высокой точностью и стабильностью, но они не технологичны в изготовлении и применении в производственных условиях.

Лазерные измерители перемещений, разработанные на основе интерферометров Майкельсона, обеспечивают возможность дистанционных измерений скорости и длины с высокой точностью. Такие измерители требуют применения дорогостоящих оптических узлов и не позволяют использовать их в тех случаях, когда поверхность объекта измерения является рассеивающей. Известны лазерные интерферометры линейных перемещений, основанные на явлениях оптической обратной связи в полупроводниковых лазерах. Указанные измерители не требуют дорогостоящих оптических узлов и позволяют измерять перемещение объектов с высокой разрешающей способностью измерителей равной половине длины волны излучения полупроводникового лазера, но имеют высокую стоимость.

Наряду с перечисленными выше датчиками перемещения потенциометрические датчики для прецизионных измерений практически не применяются. Таким образом, в настоящее время наибольшие перспективы

имеют датчики на основе оптических полупроводниковых элементов. Оптоэлектронный преобразователь выполнен в виде измерительной головки в закрытом прочном корпусе и состоит из шпинделя, измерительного раstra, индикаторного раstra, фотоэлектронного устройства, соединительного кабеля с разъемом для подключения к модулю цифровой обработки сигналов и индикации. Преобразователь с помощью растровых линеек светодиодов и фототранзисторов преобразует линейное перемещение шпинделя с измерительным наконечником в электрические сигналы квазисинусоидальной формы, а затем в форму меандра с периодом $T = 4$ мкм. Выходные сигналы интерполятора А и Б сдвинуты между собой на $T/4$ и представляют из себя прямоугольные импульсы со скважностью 2, которые позволяют сформировать сигналы управления реверсивным счетчиком (+1 и -1) в зависимости от направления движения шпинделя. Функциональная схема формирования этих сигналов на основе D -триггеров представлена на рис.1.

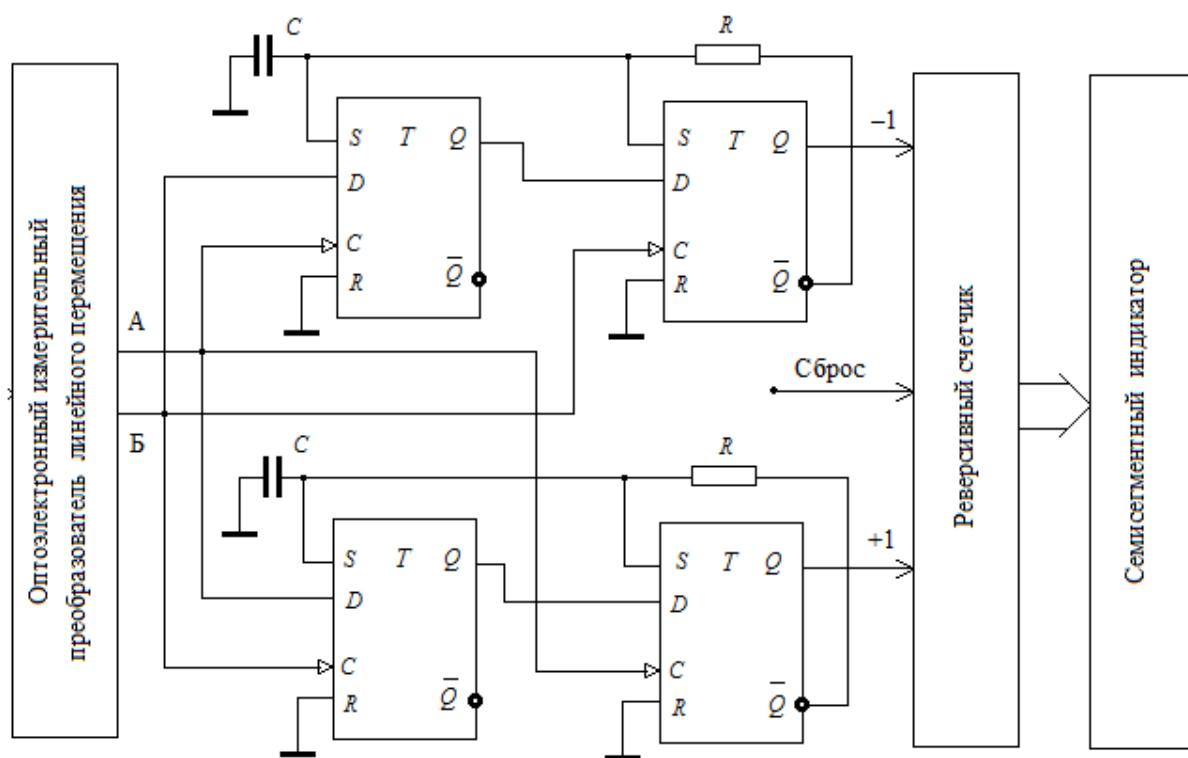


Рис. 1. Функциональная схема устройства для статических измерений

Для измерений в статическом режиме достаточно реализовать представленное на рис. 1 простейшее устройство с применением реверсивного счетчика и линейки ЖК-индикаторов, использующие обычные преобразователи

десятичного кода в семисегментный. Сигнал сброса реверсивного счетчика позволяет установить начальную нулевую точку отсчета перемещения объекта. Для проведения измерений в динамическом режиме (исследовании процесса изменения координаты объекта во времени) сигналы А и Б с выхода интерполятора преобразователя поступают на входы запросов прерывания микропроцессорного контроллера, структурная схема которого представлена на рис. 2.

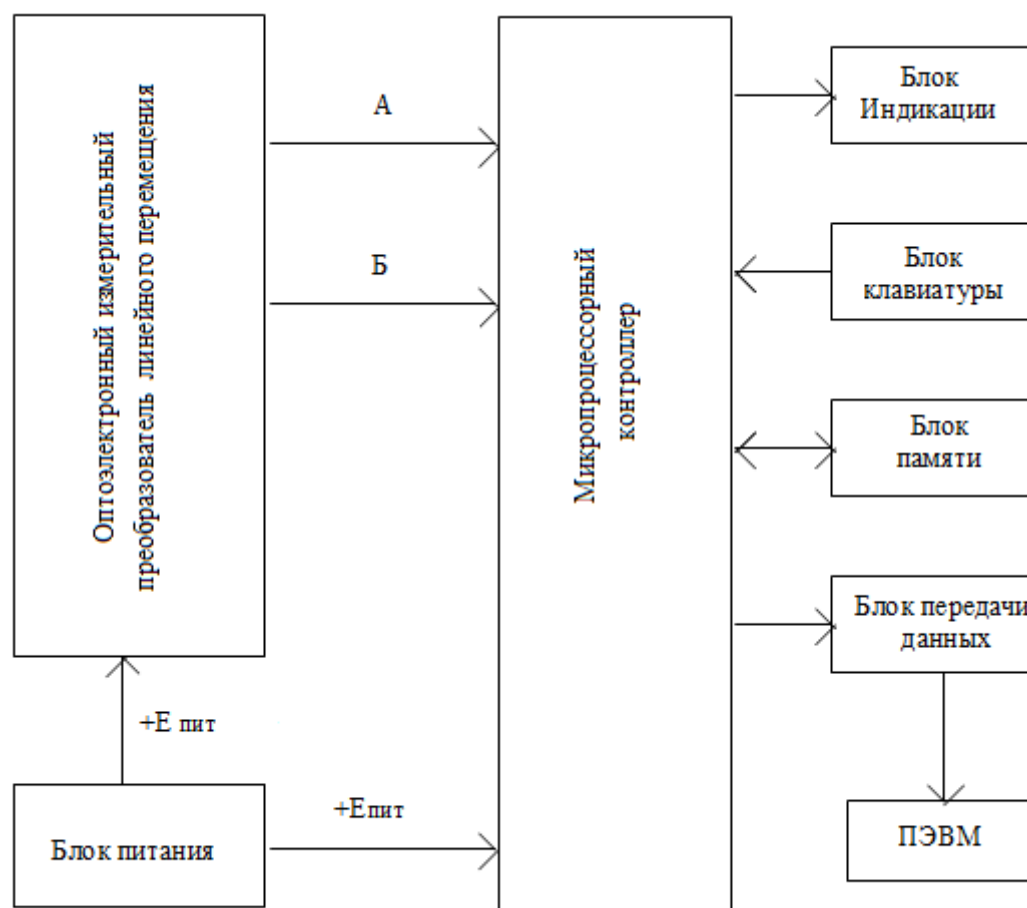


Рис. 2. Структурная схема прибора для динамических измерений

Микропроцессорный контроллер обеспечивает считывание состояния клавиатуры, вывод результатов на индикатор, выполнение расчетов, прием сигналов А и Б от оптоэлектронного измерительного преобразователя, запись и хранение результатов в блоке памяти, передачу данных в персональный компьютер по *USB* интерфейсу. Прибор реализован на основе 8-разрядного микроконтроллера с развитой *RISC*-архитектурой. Его производительность может достигать 8 млн. операций в секунду при тактовой частоте 8 МГц,

внутренняя память программ имеет объем 64 Кбайт, что достаточно для размещения программного обеспечения контроллера [4].

Блок индикации состоит из двухстрочного жидкокристаллического (ЖК) индикатора, схемы для управления подсветкой ЖК-индикатора и цифрового потенциометра, управляющего его контрастностью, что является удобной функцией в условиях машиностроительных производств. Каждая строка содержит 24 символа, что обеспечивает возможность вывода оператору сообщений на русском языке о режиме и результатах измерений.

Для временного хранения исходных данных и результатов измерений используется карта памяти *microSD-card* емкостью 256 Мб. Связь микроконтроллера с картой памяти осуществляется через интерфейс *SPI*.

Блок передачи данных включает контроллер *FTDI_FT232BM*, обеспечивающий согласование интерфейса микроконтроллера *UART* с интерфейсом персонального компьютера *USB*. После проведения измерений с помощью прибора выход накопителя информации МПК подключается к *USB* входу ПК для передачи, хранения и документирования полученной информации в базе данных.

Программное обеспечение системы состоит из двух частей:

- программы, хранящиеся в памяти микроконтроллера, обеспечивают обработку сигнала в процессе приема данных от измерительного преобразователя, временное хранение и передачу результатов измерений в ПК;
- программы, находящиеся на ПК, обеспечивают прием данных от контроллера по *USB* интерфейсу, хранение и обработку данных, а также оперативный доступ к БД с информацией о точных размерах деталей.

При использовании дополнительных инструментальных скоб описанный оптоэлектронный преобразователь позволяет производить измерение больших диаметров, например обода колесной пары в статическом режиме, а в динамическом режиме можно измерить и его профиль. На вагоностроительных предприятиях для измерения межосевого расстояния колесных пар следует применить дополнительную калиброванную рейку.

Исходя из изложенного выше, можно сделать вывод, что выбор оптоэлектронного типа измерительного преобразователя линейных перемещений наиболее полно отвечает минимуму критерия «цена/качество». Таким образом, можно обеспечить наиболее достоверный результат измерения

при наименьших затратах на изготовление и эксплуатацию технологической оснастки для машиностроительных производств.

Список литературы

1. Гудков, А. А. Искусственный интеллект: перспективы практического использования в машиностроении [Текст] / А. А. Гудков, Н. В. Мищенко, М. В. Терехина // Новая наука: Современное состояние и пути развития / ООО «Агентство международных исследований». – Уфа, 2016. № 3-2. – С. 109 – 113.

2. Гончаренко, И. О. Методы оптимизации современных технологий в машиностроении при использовании искусственного интеллекта [Текст] / И. О. Гончаренко, Д. Н. Грубеш. // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина). – СПб, 2015. Т. 1. – С. 356 – 363.

3. Петров, В. В. Фазовые измерения в условиях высокого уровня случайных помех [Текст] / В. В. Петров. // Материалы всероссийской научно-технической интернет-конференции с международным участием «Информационные и управляющие системы на транспорте и в промышленности» / Омский гос. ун-т путей сообщений. – Омск, 2014. – С. 116 – 123.

4. Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейств *Tiny* и *Mega* фирмы *ATMEL* [Текст] / А. В. Евстифеев – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2006. – 560 с.

АННОТАЦИИ

УДК 621.311:004.7

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УЧЕТА ПАРАМЕТРОВ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Малютин Андрей Геннадьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: MalyutinAG@OSTU.ru

Лаврухин Андрей Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: LavruhinAA@OSTU.ru

Окишев Андрей Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: OkishevAS@OSTU.ru

Рассматривается концепция системы, предназначенной для мониторинга и учета параметров и динамических характеристик технологических процессов. Система основана на ранее разработанном прототипе, введенном в эксплуатацию, и отличается от него новыми решениями, позволяющими достигать повышенной мобильности и более простой масштабируемости. Описываются основные реализованные функции системы, а также ее потенциальные возможности.

Ключевые слова: технологический процесс, измерение, мониторинг, передача данных, распределенная автоматизированная система.

THE SUBSYSTEM FOR MONITORING AND REGISTRATION OF PARAMETERS AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

Malyutin Andrey Gennadievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, head of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: MalyutinAG@OSTU.ru

Lavrukhin Andrey Aleksandrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, associate professor of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: LavruhinAA@OSTU.ru

Okishev Andrey Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, associate professor of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: OkishevAS@OSTU.ru

In this paper we consider the concept of new system for monitoring and registration of parameters and dynamic characteristics of technological processes. The system is based on previously developed prototype working into exploitation now and differs from it with new solutions to achieve increased mobility and simpler scalability. We describe the main realized functions of the system, as well as its potential capabilities.

Keywords: technological process, metering, monitoring, data communications, distributed automated system.

УДК 620.162.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ЗОНЕ КОНТАКТА ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Аверков Константин Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

Шайдулина Софья Ленаровна

АО «Омское моторостроительное конструкторское бюро».

644021, г. Омск, ул. Б. Хмельницкого, 283.

Магистрант 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

В статье рассматривается проблема определения механических напряжений в зоне контакта зубьев зубчатых колес. Решить данную проблему предлагается за счет использования поляризационно-оптического метода исследований. В статье приведено описание опытной установки для определения напряжений, а также результаты эксперимента.

Ключевые слова: зубчатое колесо, напряжение, поляризационно-оптический метод, фотоупругость, образец, испытание, нагрузка

THE USE OF POLARIZATION-OPTICAL METHOD FOR THE ANALYSIS OF STRESSES OCCURRING IN THE CONTACT ZONE OF TEETH OF GEAR WHEELS

Averkov Konstantin Vasilievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock", OSTU.

Shaydulina Sofya Lenarovna

JSC "Omsk engine-building design bureau".

644021, Omsk, ul. B. Khmelnitsky, 283.

Magistrant 15.04.05 Design and technological support of machine-building productions, OSTU.

The article considers the problem of determining the mechanical stresses in the contact zone of teeth of gear wheels. To solve this problem is proposed through the use of polarization-optical method of research. The article presents the description of the experimental setup for determining the stresses, and the results of the experiment.

Keywords: gear, voltage, polarization-optical method, photoproject, sample, test, load.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Архиреев Антон Германович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Магистрант, ОмГТУ.

Нахлесткин Александр Александрович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Магистрант, ОмГТУ.

Буслаев Сергей Валерьевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Магистрант, ОмГТУ.

Данная статья посвящена изучению технологии торцевого фрезерования. На основе существующей математической модели торцевого фрезерования, проведена оптимизация некоторых параметров данного процесса. Произведен подбор геометрических параметров фрезы, на основе исследования найдены оптимальные параметры для настройки вертикально-фрезерного станка для определенного типа сплава. Выполнен технологический расчет параметров режима резания. В ходе исследования выявлена оптимальная скорость резания при температуре, соответствующей максимальной стойкости инструментального материала.

Ключевые слова: Торцевое фрезерование, сплав, жаропрочные сплавы, фрезерный станок, стойкость материала.

OPTIMIZATION OF PROCESS OF FACE MILLING

Archirayev Anton Germanovich

Omsk State Technical University (OMSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Undergraduate, OMSTU.

Nahlestkin Alexander Alexandrovich

Omsk State Technical University (OMSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Undergraduate, OMSTU.

Buslaev Sergey Valeryevich

Omsk State Technical University (OMSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Undergraduate, OMSTU.

This article is devoted to studying of technology of face milling. On the basis of the existing mathematical model of face milling, optimization of some parameters of this process is performed. Selection of geometrical parameters of a mill is made, on the basis of a research optimum parameters for control of a vertically milling machine for particular type of alloy are found. Technological calculation of parameters of a cutting mode is executed. During the research optimum cutting speed is revealed at a temperature, the corresponding maximal firmness instrumental material.

Keywords: face milling, alloy, high-temperature alloys, milling machine, firmness of material.

УДК 004.93'12

ЭФФЕКТИВНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Альтман Евгений Анатольевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: AltmanEA@OSTU.ru

Афанасьева Наталья Сергеевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Аспирант кафедры «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: DikarevichNS@OSTU.ru

В работе рассмотрены методы эффективного решения задачи сравнения и определения сигналов, поступающих в системы автоматизации и управления производством. Задача рассмотрена в общем виде, без привязки к конкретным типам систем управления и видам сигналов. Сделаны выводы об областях применения различных подходов к решению этой задачи.

Ключевые слова: автоматизация производства, корреляция, вычислительная эффективность

EFFICIENT COMPUTING ALGORITHMS FOR SOLVING THE PROBLEMS OF AUTOMATION AND CONTROL OF PRODUCTION

Altman Evgeny Anatolyevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, the senior lecturer of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: AltmanEA@OSTU.ru

Afanasyeva Natalia Sergeevna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Graduate student of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: DikarevichNS@OSTU.ru

This work considers methods of an effective decision of a problem of comparison and definition of the signals arriving in systems of automation and production management. This task is considered in general form, without reference to specific types of control systems and signal types. Conclusions are drawn about the areas of application of different approaches to the solution of this problem.

Keywords: Production Automatization, correlation, computational efficiency.

УДК 67.05

ВИХРЕТОКОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Нелис Леонид Игоревич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Студент, ОмГТУ.

Суровикин Сергей Николаевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Студент, ОмГТУ.

Чикина Кристина Витальевна

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Студент, ОмГТУ.

В представленной научно-исследовательской работе рассмотрена проблема перспективности использования вихретокового метода контроля на производстве в существующих современных условиях повышенных требований к качеству выпускаемой продукции. В качестве объекта исследования было рассмотрено производство гильз блока цилиндров дизельных двигателей широкого диапазона применения; рассмотрен принцип работы наиболее распространённого вихретокового дефектоскопа типа НТ-8 и приведены данные о результативности его применения непосредственно на производстве.

Ключевые слова: дефектоскопия, вихретоковый контроль, машиностроение.

EDDY CURRENT METHOD OF CONTROL OF PARTS IN PRODUCTION

Nelis Leonid Igorevich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Student, OmSTU.

Surovikin Sergey Nikolaevich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Student, OMSTU.

Chikina Kristina Vitalevna

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Student, OmSTU.

In the presented research work the problem of perspective use of the eddy current control method on production in the modern conditions of the increased requirements to the quality of the produced products is considered. The object of the study was the production of cylinder liners for diesel engines of a wide range of applications; The principle of operation of the most widespread eddy current flaw detector of type NT-8 is considered and the data on the effectiveness of its application directly in production are given.

Keywords: defectoscopy, eddy current inspection, machine building.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В АСУ ТП НА ОСНОВЕ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Малютин Андрей Геннадьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: MalyutinAG@OSTU.ru.

Васильев Арсений Владленович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Аспирант кафедры «Автоматика и системы управления», ОмГУПС.

E-mail: VasilevAV@OSTU.ru.

Одной из основных проблем современных методов контроля и управления доступом, основанных на биометрической идентификации личности, является снижение их надежности. Необходимо решать данную проблему правильным выбором метода, на котором основывается принцип защиты автоматизированных систем управления технологическим процессом. В данной работе рассмотрены пути повышения надежности методов и средств контроля и управления доступом в АСУ ТП на основе биометрической идентификации личности.

Ключевые слова: автоматизированная система управления технологическим процессом, биометрия, биометрическая идентификация, аутентификация, биометрическая система идентификации.

THE IMPROVEMENT OF CONTROL METHODS AND ACCESS CONTROL IN AUTOMATED PROCESS CONTROL SYSTEMS BASED ON BIOMETRIC IDENTIFICATION

Malyutin Andrey Gennadievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, head of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: MalyutinAG@OSTU.ru.

Vasilev Arseny Vladlenovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.

Post-graduate student of the department «Automatic and control systems», OSTU.

E-mail: VasilevAV@OSTU.ru.

One of the main problems of modern control methods and access control based on biometric identification is the reduction of reliability. It is necessary to solve this problem the correct choice of method, which based on the principle of protection of automated control systems of technological process. In this paper, the ways of increase of reliability of methods and means of control and access control in automated process control systems based on biometric identification.

Keywords: Automated process control system, biometrics, biometric identification, authentication, biometric identification system.

УДК 625.143.5

РЕЛЬСОВОЕ СКРЕПЛЕНИЕ РОССИЙСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Круглов Валерий Михайлович

Российский университет транспорта (МИИТ).

127055, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9, НИИ ТТС.

Директор Научно-исследовательского института транспорта и транспортного строительства РУТ (МИИТ), доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ.

Кузнецов Владимир Владимирович

Российский университет транспорта (МИИТ).

127055, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9, НИИ ТТС.

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института транспорта и транспортного строительства (НИИ ТТС) Российского университета транспорта (МИИТ).

Рассматриваются особенность скрепления АРС и возможности обеспечения ширины колеи с использованием специальных жестких упоров, чередующихся с податливыми демпфирующими уголками.

Ключевые слова: рельсовое скрепление, шпала, анкер, клемма, регулировочный изолятор, подошва рельса, концентрация напряжений.

RAIL STRENGTHENING OF THE RUSSIAN RAILWAYS

Kruglov Valery

Russian University of Transport (MIIT).

127055, GSP-4, Moscow, ul. Obratsova, d 9, p. 9, Research Institute of TTS.

Head of Scientific research institute of transport and transport construction Russian University of Transport (MIIT), Head Department of Bridges and Tunnels, Doctor of Science, Professor, Honored scientist of RF.

Kuznetsov Vladimir

Russian University of Transport (MIIT).

127055, GSP-4, Moscow, ul. Obratsova, d 9, p. 9, Research Institute of TTS.

Leading Researcher, assistant of professor Scientific research institute of transport and transport construction Russian University of Transport (MIIT).

The peculiarity of fastening APC and the possibility of providing track width using special rigid stops alternating with compliant damping corners are considered.

Keywords: rail fastening, sleepers, anchor, terminal, insulator, rail sole, concentration of stresses.

УДК 624:669:004:656:2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ КИНЕТИКИ СТРУКТУРНЫХ И ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СТАЛИ

Саврухин Андрей Викторович

Российский университет транспорта (МИИТ).

127055, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9, НИИ ТТС.

Доктор технических наук, профессор, начальник Управления научно-исследовательской работы Российского университета транспорта (МИИТ).

Приведены основные положения разработанной методики определения параметров термической обработки элементов машиностроительных конструкций на основе компьютерного моделирования кинетики структурных и фазовых превращений в стали. Представлены результаты компьютерного моделирования образования мартенсита в стали 20 ГЛ с содержанием кремния 0,42 и 0,53% с учетом различной интенсивности охлаждения. Компьютерное моделирование проведено на основе разработанной методики, включающей диаграмму распада аустенита с учетом различных скоростей охлаждения. На основе полученных расчетных данных сделано заключение о влиянии содержания кремния и

интенсивности охлаждения на распространение структуры мартенсита по сечению стенки.

Ключевые слова: интенсивность охлаждения, структурно-фазовые превращения, кинетика тепловых процессов, содержание кремния, нестационарная нелинейная постановка.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DETERMINING PARAMETERS OF THERMAL PROCESSING OF ELEMENTS OF MACHINE-BUILDING STRUCTURES ON THE BASIS OF COMPUTER MODELING OF THE KINETICS OF STRUCTURAL AND PHASE TRANSFORMATIONS IN STEEL

Savrukhin Andrey

Russian University of Transport (MIIT).

127055, GSP-4, Moscow, ul. Obraztsova, d 9, p. 9, Research Institute of TTS.

Doctor of Science, professor, head of Department Scientific research work Russian University of Transport (MIIT).

The article presents the results of computer simulation of the kinetics of thermal processes and structural phase transitions in the elements of constructors, made of steel 20 GL with a silicon content of 0.42% and 0.53%, with taking into account the varying intensity of the cooling in the body-surface hardening. Computer simulation was conducted on the basis of the developed method including diagram decomposition of austenite in view of cooling rates. On the basis of the calculated results it is concluded that the effect of silicon content and the cooling rate on the distribution of martensite structure in the cross section.

Keywords: cooling intensity, structural-phase transformations, kinetics of thermal processes, silicon content, non-stationary nonlinear installation.

УДК 347.191.43

АНАЛИЗ ПРАВОВОГО СТАТУСА КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ОБЪЕКТА ГРАЖДАНСКОГО ПРАВА РОССИИ И ЕЕ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ДЕЙСТВУЮЩИМ ПРАВОВЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИИ В ЦЕЛОМ

Гаращук Ольга Алексеевна

Российский университет транспорта (МИИТ).

127055, ГСП-4, г. Москва, ул. Образцова, д 9, стр. 9, НИИ ТТС.

Аспирант, МИИТ.

Тел.: 8 916 814 07 74.

E-mail: olga_garaschuk@mail.ru.

Настоящая статья содержит анализ текущей ситуации, связанной с правовым регулированием конструкторской документации как самостоятельного объекта гражданского права. Рассмотрены основные аспекты принципов регулирования объектов промышленной собственности, а также правовые условия создания и использования конструкторской документации в результате выполнения НИОКР. Кроме того, приведены базовые положения гражданского законодательства, регулирующие правовой статус информации в целом, а изложены предложения по вопросам усовершенствования действующего законодательства в данной сфере.

Ключевые слова: конструкторская документация; информация; объекты промышленной собственности; охраноспособный объект права; право собственности на информацию; договор на выполнение НИОКР; нематериальные блага; правообладатель; результаты работ; испытания.

ANALYSIS OF THE LEGAL STATUS OF DESIGN DOCUMENTATION AS AN OBJECT OF THE RUSSIAN CIVIL LAW AND ITS RELATIONSHIP WITH THE CURRENT LEGAL REGULATION OF INFORMATION IN GENERAL

Garaschuk Olga Alexeevna

Russian University of Transport (MIIT).

127055, GSP-4, Moscow, ul. Obratsova, d 9, p. 9, Research Institute of TTS.

Undergraduate, MIIT.

Phone: 8 916 814 07 74.

E-mail: olga_garaschuk@mail.ru.

This article contains an analysis of the current situation related to the legal regulation of design documentation as an independent object of the civil law. There are considered main aspects of the principles of regulation of industrial property objects as well as the legal conditions for creation and use of design documentation as a result of R & D. In addition, the basic provisions of civil law regulating the legal status of the information in general are given, and proposals are provided on improving the current legislation in this area.

Keywords: design documentation; information; objects of industrial property; protected subject of law; ownership of information; contract for R & D; intangible benefits; possessor of the right; deliverables; tests.

УДК 629.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СТАБИЛИЗАТОРА КРАНА МАШИНИСТА УСЛ. № 395

Иванов Павел Юрьевич

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС).

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Электроподвижной состав», ИрГУПС.

Мануилов Никита Игоревич

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС).

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Аспирант кафедры «Электроподвижной состав», ИрГУПС.

Дульский Евгений Ю.

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС).

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Доцент, ИрГУПС.

E-mail: E.Dulskiy@mail.ru.

Худонов Анатолий Михайлович

Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС).

664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15.

Доктор технических наук, профессор, ИрГУПС.

E-mail: a.hudonogov@yandex.ru.

В статье рассмотрены экспериментальные исследование процесса снижения давления в уравнительном резервуаре (УР) и в уравнительной камере (УК) крана машиниста усл. № 395 во время ликвидации сверхзарядного давления. Проанализирована конструкция и работа стабилизатора крана машиниста во II – м положении ручки крана машиниста усл. № 395. Сформулирована проблема срабатываний автотормозов в результате перезарядки тормозной сети поезда. Осуществлено экспериментальное получение кривой снижения давления в уравнительном резервуаре и в уравнительной камере краном машиниста усл. № 395 оборудованным штатным стабилизатором. Получены графики снижения давления в уравнительном резервуаре и уравнительной камере при различной регулировке стабилизатора крана машиниста усл. № 395. Выявлены недостатки стабилизатора крана машиниста усл. № 395, позволяющие проводить дальнейшую модернизацию устройства, с целью решения задачи повышения управляемости тормозной системы, связанные с человеческим фактором во время зарядки и отпуска тормозов подвижного состава.

Ключевые слова: Автотормоза подвижного состава, стабилизатор крана машиниста, безопасность движения, самопроизвольное срабатывание автотормозов, тормозная сеть.

STUDY OF THE WORK OF THE MACHINIST CRANE STABILIZER. No. 395

Ivanov Pavel Yurievich

Irkutsk State University of Railways (ISTU).

664074, Irkutsk, Chernyshevskogo st.,15.

Candidate of Technical Sciences, chief lecturer of the department «Electric rolling stock».

Manuilov Nikita Igorevich

Irkutsk State University of Railways (ISTU).

664074, Irkutsk, Chernyshevskogo st.,15.

Postgraduate of the department «Electric rolling stock», ISTU.

Evgeniy Y. Dulskiy

Irkutsk State University of Railways (ISTU).

664074, Irkutsk, Chernyshevskogo st.,15.

Cand. Eng., associate professor, ISTU.

E-mail: E.Dulskiy@mail.ru.

Anatoly M. Hudonogov

Irkutsk State University of Railways (ISTU).

664074, Irkutsk, Chernyshevskogo st.,15.

Doctor of tech. Sciences, professor, ISTU.

E-mail: a.hudonogov@yandex.ru.

The design and operation of the stabilizer in the II position of the crane operator handle are analyzed. No. 395. The problem of spontaneous actuation of self-brakes is formulated because of the recharging of the brake network of a train. An experiment was performed to obtain a pressure drop curve in the surge tank and in the equalization chamber by the crane operator. No. 395 equipped with a standard stabilizer. The graphs of the pressure reduction in the equalization tank and the compensation chamber are obtained with different adjustments of the operator's stabilizer crane. No. 395. Defects of the crane stabilizer of the crane operator are determined. No. 395, which allow further modernization of the device, in order to solve the problem of the controllability of the brake system associated with overstretching of the handle of the crane operator in the first position and the occurrence of recharge of the brake line, leading to the activation of the brakes.

Keywords Auto brake of rolling stock, stabilizer of the crane operator, traffic safety, spontaneous operation of auto brakes, brake network.

УДК 621.92

**ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЛЮНЕТОВ
ПРИ ПРОФИЛЬНОМ ШЛИФОВАНИИ ПРОТЯЖЕК**

Попов Андрей Юрьевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ОмГТУ.

E-mail: popov_a_u@list.ru.

Тотик Максим Александрович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Студент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ОмГТУ.

E-mail: maksimtotik@gmail.com

Назаров Павел Владиславович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Ассистент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ОмГТУ.

E-mail: nazaroffpavel@mail.ru.

Тишанский Денис Николаевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).

644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Магистр кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ОмГТУ.

Рассматриваются причины возникновения погрешности профиля шлицевой протяжки. Представлена конструкция адаптивного люнета. Разработана схема автоматизации подвода подвижной части люнета к впадине зуба шлицевой протяжки с точностью позиционирования во впадине зуба протяжки до 1 мкм. Представлен профиль шлицевой протяжки, полученный путем шлифования с применением адаптивного люнета.

Ключевые слова: Схема шлифования, протяжка, адаптивные люнеты, профильное шлифование.

**APPLICATION OF THE ADAPTIVE SYSTEM OF LUNETES
AT PROFILE GRINDING OF PROTECTIONS**

Popov Andrey Y.

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department "Metal-cutting machines and tools", OmSTU.

E-mail: popov_a_u@list.ru.

Totik Maxim Aleksandrovich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Student of the group KTO-143, the department "Metal-cutting machines and tools", OmSTU.

E-mail: maksimtotik@gmail.com.

Nazarov Pavel Vladislavovich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Assistant of the department "Metal-cutting machine tools and tools", OmSTU.

E-mail: nazaroffpavel@mail.ru.

Tishansky Denis Nikolaevich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Master of the Chair "Metal-cutting machines and tools", OmSTU.

The reasons for the error in the profile of the slotted broach are considered. The design of adaptive lunette is presented. A scheme for automating the approach of the moving part of the lunette to the valley of the tooth of the slotted broach with the accuracy of positioning in the cavity of the tooth of the broach up to $1\text{ }\mu\text{m}$ is developed. The profile of the slotted broach, obtained by grinding with the use of an adaptive lunette, is presented.

Keywords: Grinding scheme, broaching, adaptive lunettes, profile grinding.

УДК 621.31

**К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ГАРМОНИК ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ АНАЛИЗАТОРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Грицутенко Станислав Семенович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационная безопасность», ОмГУПС;

Степанова Елизавета Андреевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Инженер отдела «Нанотехнологии», ОмГУПС.

При разработке измерительного оборудования для энергетических систем (ЭС) применяются методы цифровой обработки сигналов. Эти методы подразумевают квантование. В целях ускорения разработки подобных систем применяют моделирование. Цель данной статьи – анализ проблем, возникающих в результате квантования при моделировании алгоритмов измерения гармоник тока и напряжения. Токи и напряжения в ЭС –практически детерминированны. Их изменение за короткие промежутки времени близко к нулю. Поэтому далее токи и напряжения в ЭС будем называть низкоэнтропийными сигналами.

TO THE QUESTION OF MODELLING OF HARMONICAS OF CURRENT AND TENSION AT DESIGN OF ANALYZERS OF QUALITY OF ELECTRIC ENERGY

Stanislav Gritsutenko

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.
Ph.D., associate professor of Information Security, OSTU.

Elizaveta Stepanova

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.
Engineer of the Department of Nanotechnology, OSTU.

When developing measuring equipment for power systems (ES), methods of digital signal processing are applied. These methods involve quantization. In order to accelerate the development of such systems, modeling is used. The purpose of this article is to analyze the problems that arise as a result of quantization in the modeling of current and voltage harmonics measurement algorithms. The currents and voltages in the ES are practically deterministic. Their change in short periods of time is close to zero. Therefore, further currents and voltages in the ES will be called low-entropy signals.

УДК 004.921

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ILOGIC ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В AUTODESK INVENTOR

Аверков Константин Васильевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

Макашин Дмитрий Сергеевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ).
644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», ОмГТУ.

В статье дано описание основных принципов создания параметрических 3-D моделей изделий в рамках программного пакета Autodesk Inventor с применением системы iLogic. Описаны основные средства и возможности данной системы. На конкретном примере показаны основные этапы проектирования.

Ключевые слова: 3-D модель, проектирование, параметризация, размер, программа, чертеж, окно программы, шлицевое отверстие

THE USE OF FUNDS WHEN DESIGNING THE ILOGIC IN AUTODESK INVENTOR

Averkov Konstantin Vasilievich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of "Technologies of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock", OSTU.

Makushin Dmitry Sergeevich

Omsk State Technical University (OmSTU).

644050, Omsk, Mira Ave., 11.

Candidate of technical Sciences, st. lecturer of the Department "metal-Cutting machines and tools", OmSTU.

The article describes the main principles of creating parametric 3-D models of products in the software package Autodesk Inventor using iLogic system. It describes the basic tools and features of this system. A specific example shows the main stages of the design.

Keywords: 3-D model design, parameterization, size, program, drawing program window, slotted hole.

УДК 658.51

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ИНФОРМАЦИОННОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УПРАВЛЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Капустьян Михаил Федорович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава».

Тел.: 8(381-2) 31-18-11.

E-mail: ttm@OSTU.ru.

Супчинский Олег Павлович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Преподаватель кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава».

Тел.: 8-908-105-24-16.

E-mail: sunchinyan@mail.ru.

Кулаковская Вера Паладиевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Магистрант кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава».

Тел.: 8-962-047-99-11.

E-mail: VeraKulakovckaya@mail.ru.

В статье рассматриваются основные направления в развитии информационного подхода организации производства. Приведен пример использования сетевого планирования для управления ремонтным производством сервисного ремонтного локомотивного депо на основе современных информационных технологий.

Ключевые слова: сетевое планирование, человеко-машинные технологии, организация производства, диаграмма Ганта.

**MODERN APPROACH TO INFORMATION INFORMATION FOR MANAGEMENT OF
TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION**

Kapustyan Mikhail Fedorovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Cand. Sci. Nech, the senior lecture of chair «Technology of transport mechanical engineering and repair of a rolling stock».

Phone: 8(381-2) 31-18-11.

E-mail: ttm@OSTU.ru.

Supchinsky Oleg Pavlovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Lecturer of chair «Technology of transport mechanical engineering and repair of a rolling stock».

Phone: 8-908-105-24-16.

E-mail: sunchinyan@mail.ru.

Kulakovskaya Vera Paladieva

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Graduate student of chair «Technology of transport mechanical engineering and repair of a rolling stock».

Phone: 8-962-047-99-11.

E-mail: VeraKulakovckaya@mail.ru.

The article examines the main directions in the development of the information approach to the organization of production. An example of the use of network planning for the management of repair production of a service repair locomotive depot based on modern information technologies is given.

Keywords: network planning, man-machine technologies, production organization, Gantt chart.

УДК 681.2:543.423

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ИДЕНТИЧНЫХ УСЛОВИЙ ИСПЫТАНИЙ

Кузнецов Андрей Альбертович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая электротехника», ОмГУПС.

Усачева Ксения Викторовна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Аспирант, ОмГУПС.

Тел.: 89043215090.

E-mail: kuznetsovaa@OSTU.ru.

В работе рассмотрены способы учета внешних условий на примере анализа видеоизображений и дальнейшей математической обработки результатов спектрального анализа материалов. Целью их применения является повышение точности и воспроизводимости результатов измерений в условиях изменения влияющих факторов.

Ключевые слова: видеоизображение, условия измерений, градуировочная зависимость, приборы атомно-эмиссионного спектрального анализа, повышение точности.

ANALYTICAL CONTROL DEVICES ACCURACY IMPROVING BY ENSURING IDENTITY TEST CONDITIONS

Kuznetsov Andrey Albertovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

D.Sc., professor, head of the department «Theoretical electrical engineering», OSTU.

Usacheva Ksenia Viktorovna

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Postgraduate student, OSTU.

Tel .: 89043215090.

E-mail: kuznetsovaa@OSTU.ru.

In work are considered methods of external conditions account on example of video images analysis and the further mathematical processing of materials spectral analysis results. The purpose of their application is to increase the accuracy and reproducibility of the measurement results under the influence of confounding factors.

Keywords: video image, measurement conditions, calibration dependence, atomic-emission spectral analysis devices, improving precision.

УДК 681.518.5

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ КОЛЕСНО-МОТОРНЫХ БЛОКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Зайцев Андрей Валерьевич

ООО НПЦ «Динамика» (г. Омск).

644043, г. Омск, а/я 5223, Научно-производственный центр «Динамика».

Научный сотрудник, специалист II-го уровня по вибродиагностике.

Костюков Алексей Владимирович

ООО НПЦ «Динамика» (г. Омск).

644043, г. Омск, а/я 5223, Научно-производственный центр «Динамика».

Первый заместитель генерального директора – технический директор, к.т.н., академический советник Российской Инженерной Академии, специалист III-го уровня по вибродиагностике, акустической эмиссии, визуальному и измерительному контролю.

В статье приведены предпосылки создания и обоснование применения критериев вибрационного состояния узлов колесно-моторных блоков электроподвижного состава, обеспечивающих повышение эффективности эксплуатации, ремонта и технического обслуживания электроподвижного состава за счет повышения достоверности диагностирования и сокращении затрат на ее реализацию.

Ключевые слова: критерии оценки, вибрация, техническое состояние, колесно-моторный блок.

DEVELOPMENT OF ASSESSMENT CRITERIA OF VIBRATION CONDITION OF WHEEL MOTOR UNITS OF ELECTRIC ROLLING STOCK

Zaytsev Andrey Valeryevich

ООО SPC Dynamics (Omsk).

644043, Russia, Omsk, P.O. BOX 5223, Scientific and Production Center Dynamics.
research associate, level 2 specialist in vibration diagnostics.

Kostyukov Alexey Vladimirovich

ООО SPC Dynamics (Omsk).

644043, Russia, Omsk, P.O. BOX 5223, Scientific and Production Center Dynamics.

First Deputy Director General – Engineering Director, Cand. Tech. Sci., academic advisor of the Russian Engineering Academy, level 3 specialist in vibration diagnostics, acoustic emission, visual and measuring control.

The article describes the background and reasoning for application of assessment criteria of vibration condition of wheel-motor units assemblies of electric rolling stock. The proposed criteria increase efficiency of the electric rolling stock operation, repair and maintenance by means of improving the diagnostics reliability and reducing the cost of its implementation.

Keywords: assessment criteria, vibration, technical condition, wheel motor unit.

УДК 621.313

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕКТОРОВ

Рауба Александр Александрович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

В статье дан краткий анализ основных неисправностей коллекторов тяговых электродвигателей, обозначены проблемы, связанные с операцией по обточке рабочей поверхности коллекторов, выявлены факторы, в значительной степени влияющие на качество обработанной поверхности, дана оценка влияния этих факторов на качество рабочей поверхности коллектора. Получена математическая модель, описывающая влияние режимов резания на шероховатость рабочей поверхности коллекторов.

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL OPERATION OF PROCESSING OF WORKING SURFACE OF COLLECTORS

Rauba Alexander Alexandrovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

D. Sc., Professor of the Department of Technology of Transport Engineering and Repair of Rolling Stock, OSTU.

The article gives a brief analysis of the main malfunctions of collectors of traction motors, identifies the problems associated with the operation to refocus the working surface of the collectors, identifies factors that significantly affect the quality of the treated surface, and assesses the effect of these factors on the quality of the working surface of the reservoir. A mathematical model describing the influence of cutting regimes on the roughness of the working surface of collectors is taught.

УДК 621.91:621.9.08

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ВАГОННЫХ КОЛЕС

Обрывалин Алексей Викторович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-18-11.

E-mail: av.obr@yandex.ru

В статье рассмотрены основные проблемы, связанные с восстановлением работоспособности вагонных колес. Оптимизирована технологическая документация на механическую обработку профиля катания вагонного колеса при устранении эксплуатационных дефектов. Предложено измерительное устройство для оценки точности и соответствия, обработанного профиля катания колеса требованиям нормативно-технической документации. Введен дополнительный параметр оценки качества механической обработки вагонного колеса в ремонтном производстве. Разработанные технологические и технические решения, позволят повысить качество ремонта вагонных колес и продлить их срок службы.

Ключевые слова: вагонное колесо, эксплуатационные дефекты, технологические параметры, качество ремонта.

DEVELOPMENT OF ACTIONS TO IMPROVE THE QUALITY OF THE REPAIR WAGON WHEELS

Obryvalin Aleksey Viktorovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Cand.Tech.Sci., the senior lecturer of the department «Technology of transport mechanical engineering and repair of a rolling stock», OSTU.

Phone: (3812) 31-18-11.

E-mail: av.obr@yandex.ru

The article describes the main issues associated with remediating wagon wheels. Optimized process documentation for the machining of profile riding wagon wheel in removal of operational defects. The proposed measuring device to assess the accuracy and consistency of the processed profile skating wheels of requirements of normative-technical documentation. Introduced an additional parameter in the evaluation of quality of machining car wheels in repair. Developed technological and technical solutions that will improve the quality of the repair wagon wheels and lengthen their lifespan.

Keywords: wagon wheel, service defects, technological parameters, quality repairs.

УДК 629.4.018

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КАТКОВОЙ СТАНЦИИ ПРИ РЕМОНТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Смолянинов Антон Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

Тел.: +79139698704.

E-mail: smolyan@bk.ru.

Статья посвящена вопросам повышения качества ремонта железнодорожного подвижного состава. Автор предлагает включить в технологический процесс ремонта подвижного состава диагностическое оборудование – катковую станцию. Предлагаемый диагностический комплекс позволит создать базу данных спектральных образов неисправностей ходовых частей подвижного состава. Для полноты диагностирования технического состояния была предложена математическая модель движения железнодорожной тележки на катковой станции. Предложенная методика позволит не только повысить достоверность операции диагностики подвижного состава перед постановкой его в ремонт, но и произвести испытания и регулировку экипажной части после ремонта.

Ключевые слова: подвижной состав, ремонт, диагностика, катковая станция, математическое моделирование.

APPLICATION ROLLER STATION AT REPAIR OF RAILWAY ROLLING STOCK

Smolyaninov Anton Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Ph.D., associate professor of the department "Technology of transport engineering and repair of rolling stock", OSTU.

Phone: +79139698704.

E-mail: smolyan@bk.ru.

The article is devoted to enhancing the quality of repair of railway rolling stock. The author proposes to include in the technological process of rolling stock repair diagnostic equipment – a roller station. The proposed diagnostic system will create a database of spectral images of faults running parts of the rolling stock. To complete the diagnostics of technical condition was proposed mathematical model of movement of the railway trolley on the roller station. The proposed method will not only improve the accuracy of diagnosis operation of rolling stock before its formulation in the repair, but also produce the test and adjustment after repair vehicle-part.

Keywords: rolling stock, repair, diagnostics, roller station, math modeling.

УДК 621.313

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КОЛЛЕТОРА И ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ ПЛАСТИН

Петроченко Сергей Валерьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

В статье рассмотрены результаты исследования влияния шероховатости рабочей поверхности коллктора и твердости поверхностного слоя на интенсивность изнашивания коллкторных пластин.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF THE ROUGHNESS OF THE WORKING SURFACE OF THE COLLECTOR AND THE HARDNESS OF THE SUPERSTRIC LAYER ON THE INTENSITY OF WEARING THE COLLECTOR PLATES

Petrochenko Sergey Valerevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

Ph.D., associate professor of the department "Technology of transport engineering and repair of rolling stock", OSTU.

The results of the investigation of the influence of the roughness of the collector working surface and the hardness of the surface layer on the wear rate of the collector plates are considered in the article.

УДК 629.423.31

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОДВЕСКИ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НБ-514Б

Белан Дмитрий Юрьевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», ОмГУПС.

Телефон: (3812) 31-18-11.

E-mail: Baltazar.13@mail.ru.

Гелетюк Юлия Николаевна

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Студент группы 13и, механического факультета.

В данной статье изучаются конструктивные особенности подвески тягового двигателя электровоза 2ЭС5К, рассматривается качественная и количественная оценка технологичности детали для улучшения технологического процесса ремонта.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель, подвеска, колесная пара.

DESIGN-TECHNOLOGICAL ANALYSIS OF SUSPENSION OF THE TRACTION ENGINE NB-514B

Belan Dmitry Y.

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.
PhD., assistant professor; assistant professor, OSTU.
E-mail: Baltazar.13@mail.ru.

Geletyuk Yulia N.

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk.644046, Russia.
Student, OSTU.

In this article, we study the structural features of the suspension of the traction engine of the 2ES5K electric locomotive, we consider the qualitative and quantitative evaluation of the processability of the part to improve the technological process of repair.

Keywords: traction electric motor, suspension, wheel pair.

УДК 629.423

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ КОЛЕСНО-МОТОРНОГО БЛОКА
ЭЛЕКТРОВОЗА С ДВУХСТОРОННЕЙ КОСОЗУБОЙ ТЯГОВОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ**

Бакланов Александр Алексеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).
644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-34-19.

E-mail: BaklanovAA@OSTU.ru

В статье рассмотрены особенности конструкции и работы колесно-моторного блока электровоза с двухсторонней косозубой тяговой передачей, применяющейся на отечественных грузовых электровозах.

Ключевые слова: электровоз, двухсторонняя косозубая тяговая передача.

**FEATURES OF THE CONSTRUCT AND WORK OF THE WHEEL-MOTOR BLOCK
ELECTRIC LOCOMOTIVE WITH A TWO-SIDED TRANSMISSION**

Baklanov Alexander Alexeevich

Omsk State Transport University (OSTU).
35, Marx av., Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor of the department «Rolling stock of electric Railways», OSTU.

Phone: (3812) 31-34-19.

E-mail: BaklanovAA@OSTU.ru.

In the article the peculiarities of the design and operation of wheel-motor block locomotive with two-way helical gear traction used on freight locomotives.

Keywords: electric locomotive, two-way helical traction transmission.

УДК 620.179.14

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАЗЪЕМНЫЙ СОЛЕНОИД

Ахмеджанов Равиль Абдрахманович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство».

Тел.: (3812) 31-42-19.

Приведены результаты разработки автоматизированного разъемного соленоида на базе применяемых в вагонных депо устройств намагничивания типов МД13ПР и МАГНЕТИК Д16

AUTOMATED DISMOUNTABLE SOLENOID

Akhmedzhanov Ravil Abdrakhmanovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av., Omsk.644046, Russia.

PhD., Professor of the Chair «Cars and Carriage Economy».

Tel.: (3812) 31-42-19.

The results of the development of an automated dismountable solenoid based on magnetization devices types MD13PR and MAGNETIC D16 used in carload depots

УДК 625.143.482

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА АЛЮМИНОТЕРМИТНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РЕЛЬСОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ильиных Андрей Степанович

Сибирский государственный университет путей (СГУПС)

630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191.

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», СГУПС.

Галай Марина Сергеевна

Сибирский государственный университет путей (СГУПС)

630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», СГУПС.

Сидоров Эдуард Сергеевич

Сибирский государственный университет путей (СГУПС)

630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191.

Аспирант кафедры «Технология транспортного машиностроения и эксплуатация машин», СГУПС.

Приведен анализ технологического процесса получения сварных соединений рельсов алюминотермитным способом сварки. Установлено что шлифование сварных швов выполняют при высоких температурах металла, значения которых могут достигать 600 – 850 °С. Представлены результаты экспериментального исследования процесса шлифования сварных швов рельсов при разных остаточных послесварочных температурах. Определено влияние температуры начала выполнения шлифования на твердость и шероховатость поверхности катания головки рельса в зоне сварного шва. Наиболее высокие значения показателей твердости и чистоты поверхности были достигнуты в результате шлифования при остаточной послесварочной температуре 600 °С.

Ключевые слова: рельсы, алюминотермитная сварка, шлифование, твердость, шероховатость.

RECEIVING REQUIRED OF THE QUALITY PARAMETERS OF ALUMINOTHERMIC WELD RAIL CONNECTIONS THE ACCOUNT OF IMPROVEMENT OF MECHANICAL PROCESSING TECHNOLOGY

Ilinykh Andrey Stepanovich

Siberian Transport University (STU).

630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk, d. 191.

D.Sc. (Engineering), associate professor, Head of the Department «Transport Engineering Technology and Exploitation of Machines», STU.

Galay Marina Sergeevna

Siberian Transport University (STU).

630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk, d. 191.

Ph.D. (Engineering), associate professor of the department «Transport Engineering Technology and Exploitation of Machines», STU.

Sidorov Eduard Sergeevich

Siberian Transport University (STU).

630049, Novosibirsk, ul. Dusi Kovalchuk, d. 191.

Postgraduate student of the department «Transport Engineering Technology and Exploitation of Machines», STU.

The article is devoted to the study of the grinding process aluminothermic welds of rails. The results of an experimental study of the process of grinding welded seams at various residual temperatures after welding are presented. The influence of the temperature of the start of grinding on the hardness and roughness on running surface of the rail head in the weld zone is determined. The highest values of hardness and surface finish were achieved by grinding at a residual post-weld temperature of 600 °C.

Keywords: rails, aluminothermic welding, grinding process, hardness, surface roughness.

УДК 621.7.068

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГОЛОВКИ ТОЛКАТЕЛЯ ПРОШИВНОГО СТАНА

Смайлова Нургуль Темиргалиевна

Павлодарский государственный педагогический институт (ПГПИ).

140000, Павлодар, Казахстан, ул. Мира, 60.

Доктор технических наук, профессор кафедры «Теория и методика профессионального обучения», ПГПИ.

Тел.: +77076047709.

На предприятии ТОО «KSP Steel» для изготовления бесшовных горячекатаных труб используется прошивной стан, в статье предлагается модернизировать головку толкателя прошивного стана для увеличения его производительности и уменьшения межремонтного цикла.

Ключевые слова: технология прокатки, трубы, термическая обработка, прошивной стан, оборудование, инструмент.

MODERNIZATION OF THE HEAD OF THE STEEL PUSHER

Smailova Nurgul Temirgalievna

Pavlodar State Pedagogical Institute (PSPI).

140000, Pavlodar, Kazakhstan, Mira, 60.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the department «Theory and methodology of vocational training», PSPI.

Phone: +77076047709.

At the enterprise LLP "KSP Steel" for the production of seamless hot-rolled pipes using a piercing mill, the article proposes to modernize the pusher head pusher to increase its productivity

and reduce the inter-repair cycle

Keywords: rolling technology, pipes, heat treatment, piercing mill, equipment, tools.

УДК 621.3.04

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РЕМОНТА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДАМИ ВИБРОДИАГНОСТИКИ И ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Костюков Алексей Владимирович

ООО НПЦ «Динамика» (г. Омск).

644043, г. Омск, а/я 5223, Научно-производственный центр «Динамика».

Первый заместитель генерального директора – технический директор, к.т.н., академический советник Российской Инженерной Академии, специалист III-го уровня по вибродиагностике, акустической эмиссии, визуальному и измерительному контролю.

Бурда Евгений Александрович

ООО НПЦ «Динамика» (г. Омск)

644043, г. Омск, а/я 5223, Научно-производственный центр «Динамика».

Инженер 2 категории, специалист II-го уровня по вибродиагностике

Щелканов Александр Викторович

ООО НПЦ «Динамика» (г. Омск)

644043, г. Омск, а/я 5223, Научно-производственный центр «Динамика».

Начальник отдела диагностических систем

В настоящее время метод вибродиагностики является одним из основных методов, применяемых при производстве и ремонте асинхронных электродвигателей для диагностирования их технического состояния по параметрам вибрации подшипниковых узлов. В то же время такие двигатели могут иметь специфичные дефекты электромагнитной системы – дефекты активной стали и обмоток статора, беличьей клетки ротора и другие. Эти дефекты выявляются методами вибродиагностики, но их локализация и классификация зачастую затруднены, поскольку в вибросигналах могут находить отражение процессы, происходящие в обмотках различных фаз статора, активной стали статора и проводящей системе ротора. Применение метода частичных разрядов позволяет повысить точность диагностирования, так как различные дефекты электромагнитной системы имеют свои характерные значения параметров частичных разрядов, что позволяет установить фазу обмотки статора, в которой развивается дефект, и его тип. Совместное применение методов вибродиагностики и частичных разрядов повышает качество контроля асинхронных электродвигателей и позволяет более полно оценивать изменение их технического состояния в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: качество ремонта, частичные разряды, вибродиагностика электродвигателей

QUALITY CONTROL OF ELECTRIC MOTORS REPAIR BY METHODS OF VIBRATION DIAGNOSTICS AND PARTIAL DISCHARGES

Kostyukov Alexey Vladimirovich

ООО SPC Dynamics (Omsk).

644043, Russia, Omsk, P.O. BOX 5223, Scientific and Production Center Dynamics.

First Deputy Director General – Engineering Director, Cand. Tech. Sci., academic advisor of the Russian Engineering Academy, level 3 specialist in vibration diagnostics, acoustic emission, visual and measuring control.

Burda Evgeny Alexandrovich

ООО SPC Dynamics (Omsk).

644043, Russia, Omsk, P.O. BOX 5223, Scientific and Production Center Dynamics.

Category 2 engineer, level 2 specialist in vibration diagnostics.

Shchelkanov Alexander Viktorovich

ООО SPC Dynamics (Omsk).

644043, Russia, Omsk, P.O. BOX 5223, Scientific and Production Center Dynamics.

Diagnostic Systems Subdivision Head.

Currently the method of vibration diagnostics is one of the main means applied in manufacturing and repair of induction motors for their technical condition diagnostics by vibration parameters of bearing units. At the same time such motors can have specific defects of an electromagnetic system – the defects of an active steel, a stator windings, a rotor squirrel cage, and others. Application of the partial discharges method allows to increase the diagnostics accuracy, because various defects of the electromagnetic system have their own characteristic values of the partial discharges parameters. This allows to set the stator winding phase where the defect is developing, and its type as well. The combined application of the vibration diagnostics and the partial discharges methods improves the quality of the induction motors control.

Keywords: repair quality, partial discharges, vibration diagnostics of electric motors

УДК 621.753

ПРИМЕНЕНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Кильдибеков Аскар Бакирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления»,
Директор ИАТИТа, ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: KildibekovAB@OSTU.ru

Петров Владимир Владимирович

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и системы управления»,
ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-05-89.

E-mail: PetrovVV@OSTU.ru

Петров Константин Сергеевич

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС).

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35.

Студент 3-го курса механического факультета, гр.15а, ОмГУПС.

Тел.: (3812) 31-06-45.

E-mail: MechanicalFaculty@OSTU.ru

В работе рассмотрен подход к эффективному решению задачи внедрения инновационных технологий и импортозамещения для совершенствования инструментальной техники и технологической оснастки на машиностроительных производствах и ремонтных предприятиях. Дан анализ возможности применения отечественных оптоэлектронных измерительных преобразователей с примерами использования описанных устройств в машиностроительном производстве. Сделаны выводы о достоинствах применения различных оптоэлектронных измерительных устройств на предприятиях машиностроения.

Ключевые слова: оптоэлектронные измерительные устройства, точность, машиностроение, микропроцессор, компьютерная обработка данных.

**APPLICATION OF OPTOELECTRONIC MEASURING LINEAR DISPLACEMENT
TRANSDUCER AT THE ENTERPRISES OF MECHANICAL ENGINEERING**

Kildibekov Askar Bakirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, the senior lecturer of the department «Automatic and control systems», Director IATITa, OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: KildibekovAB@OSTU.ru

Petrov Vladimir Vladimirovich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

Ph.D. in Technical Sciences, the senior lecturer of the department «Automatic and control systems», OSTU.

Phone: (3812) 31-05-89.

E-mail: PetrovVV@OSTU.ru

Petrov Konstantin Sergeevich

Omsk State Transport University (OSTU).

35, Marx av.m Omsk, 644046, Russia.

3-year student of the Faculty of mechanical, Gr. 15a, OSTU.

Phone: (3812) 31-06-45.

E-mail: MechanicalFaculty@OSTU.ru

In the work of the considered approach to deal effectively with the challenges of introducing innovative technologies and substitution to improve tool machinery and tooling for machine-building factories and repair plants. Analysis of the feasibility of the application of domestic optoelectronic transducers with examples of how to use the described devices in engineering production. Conclusions about the merits of applying different optoelectronic measuring device on the enterprises of mechanical engineering.

Keywords: optoelectronic measuring device accuracy, mechanical engineering, microprocessor, computer data processing.

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ И ТЕХНОЛОГИИ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Материалы второй всероссийской
научно-технической конференции

Ответственный за выпуск С. Г. Шантаренко

* * *

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 10.11.2017. Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 13,4. Уч.-изд. л. 14,9.
Тираж 300 экз. Заказ .

* *

Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35