

Технология сервисного обслуживания и анализ результатов эксплуатации электронного оборудования электровозов переменного тока на железных дорогах Восточного полигона

С. А. БОГИНСКИЙ¹, В. В. СЕМЧЕНКО², Н. Г. ШАБАЛИН³

¹ Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»), Москва, 105064, Россия

² Акционерное общество «Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги» (АО «ДЦВ Красноярской ж.д.»), Красноярск, 660021, Россия

³ Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, 109029, Россия

Аннотация. Приведены данные о структуре технологического процесса сервисного обслуживания электровозов переменного тока железных дорог Восточного полигона. Показаны особенности построения системы пунктов технического обслуживания локомотивов, которые осуществляют ремонт и техническое обслуживание электронного оборудования электровозов переменного тока различных серий. Представлено стендовое и технологическое оснащение сервисного участка по проведению технического обслуживания электронного оборудования. Даны результаты эксплуатации микропроцессорной системы управления и диагностики электровоза переменного тока. Разработана технологическая модель полного сервисного обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока, в рамках которой создано автоматизированное рабочее место оптимизации и ремонта микропроцессорной системы управления электровоза, которого не было ранее в локомотивном хозяйстве. Его внедрение позволяет оптимизировать затраты и обеспечивать технологическую поддержку сервисного обслуживания электронного оборудования электровозов Восточного полигона. Приведены примеры выполнения технологических процессов восстановительного ремонта кассет микропроцессорной системы управления с использованием автоматизированного рабочего места. Сформулированы выводы.

Ключевые слова: электровоз; микропроцессорная система управления и диагностики; техническое обслуживание; текущий ремонт; техническое состояние; технологический процесс; отказ

Введение. Электровозы переменного тока с тиристорными выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) начали эксплуатироваться на сети железных дорог с 70-х гг. XX в. Первыми такими электровозами была серия ВЛ80^Р, а затем в разное время были построены серии ВЛ85, ВЛ65, ЭП1, ЭП1М, ВЛ80ТК, ВЛ80СК, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К и Э5К [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]. В основном они эксплуатируются на Восточном полигоне: Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорогах. Эксплуатация этих электровозов

показала, что эффективность и надежность электровозов с тиристорными ВИП была получена прежде всего на железных дорогах с перевалистым профилем пути, трудным для движения, которым характеризуются дороги Восточного полигона [9, 10]. Бесконтактная силовая схема электровозов на основе ВИП и его электронная аппаратура управления [11] позволили получить этим локомотивам преимущества перед электровозами с контактной силовой схемой на основе группового переключателя по реализации плавных регулировочных свойств, тяговых и тормозных характеристик на границе сцепления в номинальном режиме работы. Сложность силовой схемы электровоза и наличие слаботочной электронной техники с самого начала потребовали создания в локомотивном депо более совершенной системы технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) нового электронного оборудования, которого ранее не было на электровозах переменного тока без плавного регулирования напряжения на тяговых двигателях (серии ВЛ60^К, ВЛ80^К, ВЛ80^Т, ВЛ80^С). Совершенствование ТО и ТР заключалось в разработке и внедрении новых методов и средств технического диагностирования электронного оборудования как на самом электровозе, так и в локомотивных депо [12, 13]. Также потребовалось в составе прежних цехов и пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) создавать участки по ТО и ТР нового электронного оборудования: ВИП и блоки его управления (БУВИП), блоки автоматического управления (БАУ ВИП) режимами работы электровоза и другие электронные устройства. В начале 2000-х гг., когда на электровозах ЭП1, ЭП1М, ВЛ80ТК, ВЛ80СК, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К и Э5К вместо БУВИП и БАУ ВИП стали применять два типа микропроцессорной системы управления (МСУ): МСУД — микропроцессорная система управления и диагностики и МСУЭ — микропроцессорная система

■ E-mail: v.v.semchenko@dcv.ru (В. В. Семченко)

Таблица 1

Количество отказов МСУ электровозов за период с 2016 по 2018 г., ПТОЛ ст. Тайшет

Table 1

Number of MCS failures of electric locomotives for the period from 2016 to 2018, LMP of Tayshet station

Год	Общее количество МСУ, ед.	Отказы, ед.	% отказов
2016	2196	320	14,6
2017	2338	333	14,2
2018	2586	267	10,3

Таблица 2

Количество неисправных ячеек МСУ электровозов, поступивших в ремонт за период с 2016 по 2018 г., ПТОЛ ст. Тайшет

Table 2

Number of malfunctioning cells of local electric locomotives received for repairs in the period from 2016 to 2018, LMP of Tayshet station

Год	Общее количество ячеек МСУ, ед.	Количество неисправных ячеек, ед.	% неисправных ячеек
2016	5076	282	5,5
2017	5139	226	4,4
2018	4820	148	3,0

Таблица 3

Количество неисправных ячеек МСУ электровозов, поступивших в ремонт за период с 2016 по 2018 г., ПТОЛ ст. Карымская

Table 3

Number of malfunctioning cells of local electric locomotives received for repairs in the period from 2016 to 2018, LMP of Karymskaya station

Год	Общее количество ячеек МСУ, ед.	Количество неисправных ячеек, ед.	% неисправных ячеек
2016	71 040	1876	2,6
2017	87 878	1784	2,0
2018	82 732	1188	1,4

управления электровоза [14, 15], то потребовалось модернизировать технологию обслуживания, включая системы мониторинга технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов [16, 17, 18, 19, 20]. Дело в том, что в процессе эксплуатации могут возникать аварийные режимы работы электровоза, которые необходимо быстро выявлять, осуществляя при этом защиту электрооборудования. В связи с этим МСУ электровоза предусматривает управление быстродействующей защитой электрического и электронного оборудования [21]. В настоящее время для обеспечения такой защиты разработаны соответствующие алгоритмы управления [22]. Современные электровозы 2(3, 4) ЭС5К, имеющие сложные системы автоматического управления и регулирования процессами работы локомотива, также требуют модернизирования систем

мониторинга и технического диагностирования электронного оборудования. Для решения этих задач необходимо совершенствование систем ТО и ТР электронного оборудования электровозов переменного тока на сети железных дорог.

Результаты эксплуатации МСУ электровозов переменного тока на Восточном полигоне. На Восточном полигоне созданы несколько сетевых пунктов полного сервисного обслуживания электровозов переменного тока. Так, на Красноярской железной дороге в числе других есть ПТОЛ ст. Тайшет, на котором имеется сервисный участок (цех) по обслуживанию и ремонту электронного оборудования электровозов, эксплуатирующихся на участках Абакан—Тайшет и Тайшет—Таксимо. За период с 2016 по 2018 г. на этом участке собрана статистика отказов МСУ и неисправностей их ячеек на электровозах (см. табл. 1 и 2).

Анализ данных табл. 1 показывает, что в процентном исчислении количество отказов МСУ электровозов за период с 2016 по 2018 г. сократилось на 30 %.

Анализ данных табл. 2 показывает, что в процентном исчислении количество неисправных ячеек МСУ, поступивших в ремонт за период с 2016 по 2018 г., сократилось на 45 %.

На Забайкальской железной дороге имеется ПТОЛ ст. Карымская, в его состав также входит сервисный участок (цех) по ТО и ТР электронного оборудования электровозов, который в числе других цехов на ПТОЛ станций этого направления (Боготол, Тайшет, Нижнеудинск, Чита, Хабаровск, Смоляниново) обслуживает электровозы, эксплуатирующиеся на Восточном полигоне. За период с 2016 по 2018 г. на этом участке собрана статистика неисправностей ячеек МСУ на электровозах, которая представлена в табл. 3.

Анализ данных табл. 3 показывает, что в процентном отношении количество неисправных ячеек МСУ из их общего количества, поступивших в ремонт за период с 2016 по 2018 г., сократилось на 46 %.

В целом результаты анализа отказов МСУ и их неисправных элементов (ячеек) за период с 2016 по 2018 г. показывают, что совершенствование ТО и ТР электронного оборудования электровозов переменного тока путем создания ПТОЛ позволило снизить в среднем на 40 % количество отказов МСУ и неисправностей их ячеек и тем самым повысить надежность эксплуатации электровозов на этом полигоне. Таким образом, создание системы сервисного обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока является важнейшим направлением повышения их эксплуатационной надежности.

Система сервисного обслуживания электровозов на Восточном полигоне. В 2016 г. в железнодорожной отрасли была создана группа компаний ООО «ЛокоТех» (Локомотивные технологии), в составе которой находится компания ООО «ЛокоТех-Сервис»,

занимающаяся полным сервисным обслуживанием локомотивов на сети железных дорог. Технологический процесс полного сервисного обслуживания электровозов переменного тока на Восточном полигоне охватывает приписной парк Дирекции тяги четырех железных дорог: Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной. В связи с оптимизацией межремонтных пробегов к циклам ТО и ТР предъявлены повышенные требования по обеспечению качества и надежности работы оборудования локомотива, и в частности электронного оборудования электровозов. Значительная удаленность сетевых ПТОЛ Восточного полигона от основных сервисных локомотивных депо, большое разнообразие эксплуатируемого парка по сериям электровозов с учетом парка приписки осложняет взаимодействие и снижает оперативность ПТОЛ в части оборота запасных частей для поддержания локомотива работоспособным в межремонтный период деповского цикла ТР. С учетом большого расстояния полигона обращения локомотивов сетевые ПТОЛ функционируют в условиях высокой технологической ответственности по поддержанию жизненного цикла локомотивов.

В рамках партнерского и технологического взаимодействия между ООО «ЛокоТех» и ООО «ЛокоТех-Сервис» сервисное обслуживание электронного оборудования на ПТОЛ Восточного полигона возложено на АО «ДЦВ Красноярской ж.д.», осуществляющее свою хозяйственную деятельность на основании свидетельства о государственной регистрации. В целях реализации задачи полигонного обслуживания и ремонта электронного оборудования, МСУ электровозов переменного тока специалистами АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» совместно с ООО «ЛокоТех-Сервис» разработана технологическая модель полного сервисного обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока Восточного полигона.

Модель полного сервисного обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока. Функциональная схема системы сервисного обслуживания электронного оборудования электровозов переменного тока на Восточном полигоне представлена на рис. 1.

Система сервисного обслуживания охватывает локомотивные депо ООО «ЛокоТех-Сервис» и все сетевые ПТОЛ Восточного полигона обращения локомотивов, в которых имеются сервисные участки по проведению ТО электронного оборудования. Стендовое и технологическое оснащение этих участков позволяет выявлять предотказные состояния в работе МСУ (МСУД и МСУЭ) электровозов, проводить восстановительный ремонт силами специалистов участка (рис. 2).

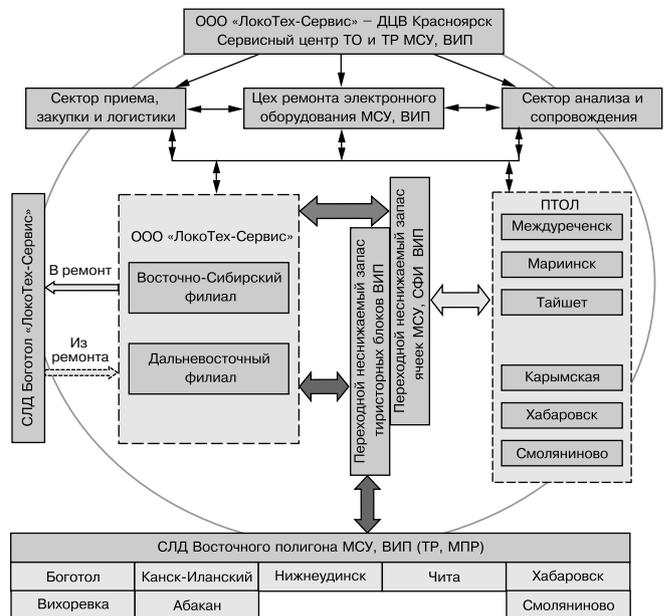


Рис. 1. Функциональная схема системы сервисного обслуживания электронного оборудования электровозов переменного тока: СЛД – сервисное локомотивное депо; СФИ ВИП – система формирования импульсов выпрямительно-инверторного преобразователя; МПР – межпоездной ремонт
Fig. 1. Functional diagram of the system for servicing electronic equipment for AC electric locomotives: СЛД – service locomotive depot; СФИ ВИП – system of formation of pulses of a rectifying-inverter converter; МПР – inter-train repair

Реализация проекта по созданию сервисного обслуживания электронного оборудования электровозов, в свою очередь, потребовала разработки научной организации технологических процессов, пересмотра технологии ТО электронного оборудования в условиях ПТОЛ, создания сервисных участков, ориентированных на выявление и устранение предотказных состояний в работе электронного оборудования электровоза на линии. Для успешной реализации данного проекта



Рис. 2. Стендовое и технологическое оснащение сервисного участка по проведению ТО электронного оборудования
Fig. 2. Bench and technological equipment service area for the maintenance of electronic equipment

необходимо оснастить сервисные участки ПТОЛ комплектным переходным запасом запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП). Решение этой задачи, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к базовому сервисному центру ДЦВ по ремонту и восстановлению вышедших из строя схемных блоков МСУ в части оперативного ремонта, оборота и восстановления ЗИП. Чтобы выполнить поставленную задачу было проведено исследование вопросов научной организации технологического процесса ремонта электронного оборудования. В основу была положена разработка автоматизированного рабочего места (АРМ) оптимизации и ремонта МСУ электровоза, которого не было до этого времени в локомотивном хозяйстве. Цель его разработки — создание автоматизированной системы управления учета и ремонта электронных компонентов БУВИП, БАУ ВИП и МСУ электровозов переменного тока в технологии ТО и ТР МСУ и ВИП. Внедрение данного АРМ в технологию обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов позволило оптимизировать затраты и обеспечить технологическую поддержку сервисного обслуживания оборудования электровозов Восточного полигона.

Как же проходила разработка нового АРМ оптимизации и ремонта МСУ электровоза? АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» рассмотрело достаточно много программных продуктов, предназначенных для сопровождения технологических процессов ремонта электронного оборудования с учетом обработки и автоматизации технологических операций, закупки для ремонта тре-

буемых электронных компонентов, их движения в технологическом цикле ремонта и обслуживания. Большинство этих продуктов в той или иной степени удовлетворяют поставленным целям и условиям их выполнения. Однако специфика организации локомотивного хозяйства железнодорожного транспорта потребовала создания собственной автоматизированной системы управления (АСУ) процессом ремонта электронного оборудования электровозов. Вначале был проведен анализ нескольких существующих программ и сервисов для складского учета электронных компонентов, доступных в сети Интернет, в том числе в свободном доступе. К таким программам относятся Parts&Vendors (лицензированный англоязычный продукт), ТСJMy-StockDB (программа детального описания всех компонент) и STMS (программа, обеспечивающая в основном взаимодействие между складами). Наиболее подходящей по функциональным возможностям для применения в АСУ процессом ремонта электронного оборудования электровозов является программный продукт «Компонент-2014» (разработчик — ООО «Альфа-Галактика»). Эта программа имеет следующие достоинства: удобный и понятный интерфейс, созданную и доступную для редактирования базу данных, выполняет практически все необходимые функции по учету и движению электронных компонентов на складе. Существенным ее недостатком является отсутствие возможности комплексно обеспечить взаимодействие технологического процесса ремонта электронных блоков МСУ с логической обработкой и привязкой материальных запасов склада, а также автоматизации формирования рабочей документации и обеспечения сквозного контроля за объектом ремонта. Следовательно, рассмотренная программа только частично удовлетворяет поставленным требованиям. Поэтому при создании в АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» собственной АСУ процессом ремонта электронного оборудования электровозов были учтены достоинства известных АСУ и все особенности локомотивного хозяйства.

Технологические процессы восстановительного ремонта МСУ и ее кассет. Для примера рассмотрим некоторые технологические процессы восстановительного ремонта кассеты МСУ электровоза с использованием АРМ оптимизации и ремонта МСУ электровоза. На рис. 3 представлена блок-схема состояний жизненного цикла кассеты МСУ в рамках технологического процесса ее восстановительного ремонта. Эта блок-схема описывает в обобщенном виде весь цикл обращения кассеты на сервисном участке ДЦВ по ремонту электронных блоков МСУ электровозов. На рис. 4 представлена блок-схема процесса ремонта кассеты МСУ в сервисном центре АО «ДЦВ Красноярской ж.д.». Данная блок-схема описывает следующие этапы процесса ремонта:



Рис. 3. Блок-схема состояний жизненного цикла кассеты МСУ в рамках технологического процесса ее восстановительного ремонта
 Fig. 3. Block diagram of the state of the MCS cassette within the technological process of its reconditioning repair

1. Приемка кассеты от контрагента. На этом этапе формируется акт приема-передачи оборудования, спецификация. В систему вводятся сведения о кассете с указанием серийного номера, владельца, принадлежности к блоку и типу ячеек. Результатом выполнения этапа является изменение статуса кассеты — «Принятые кассеты» и сформированные на нее документы.

2. Работником сервисного участка выполняется предварительный этап ремонта — тестирование, в результате которого кассета принимает статус «В ремонте». В АРМ автоматически формируется «Дефектная ведомость».

3. Окончание ремонта. Формируется перечень используемых материалов, требуемых для ремонта, а также перечень работ, произведенных над кассетой. Эта информация попадает в дефектную ведомость,

которой присваивается номер. Здесь же формируются документы: протокол проведения стендовых испытаний, акт сдачи-приемки выполненных работ. Кассета получает статус «Отремонтированные».

4. Отправление. Кассеты дожидаются партии отгрузки и отправляются владельцу — заявителю, заказчику ремонтов.

При повторном попадании кассеты в ремонт действует механизм, блокирующий дублирование информации о ней в базе данных. При попытке ввести серийный номер, который уже имеется в системе, программа предупредит, что кассета с таким номером уже была введена и предложит присвоить ей статус «Принятые кассеты». Далее цикл повторяется. Таким образом, есть возможность отслеживать кассеты, по-

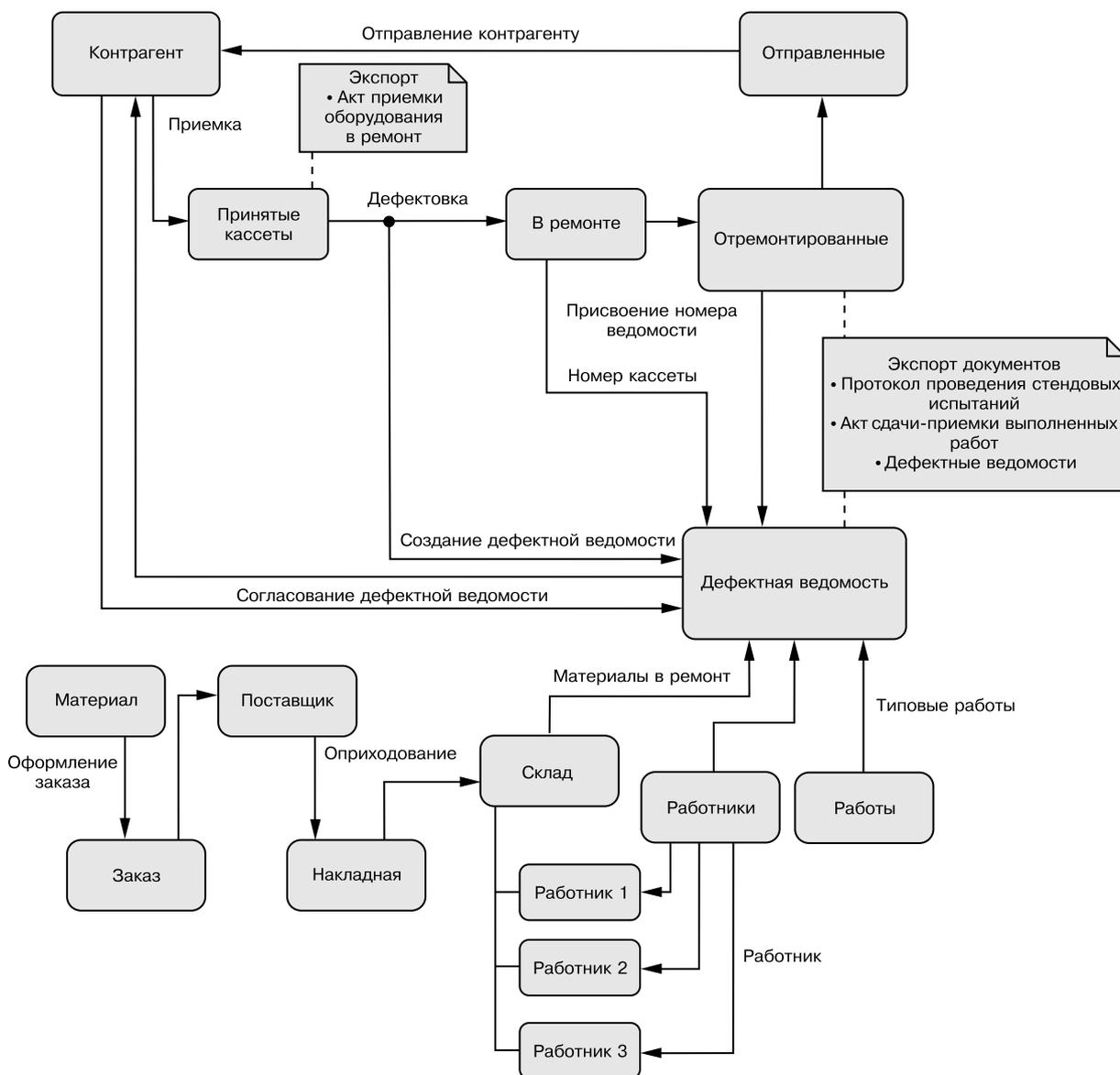


Рис. 4. Блок-схема процесса ремонта кассеты МСУ
Fig. 4. Block diagram of the process of repairing the MCS cassette

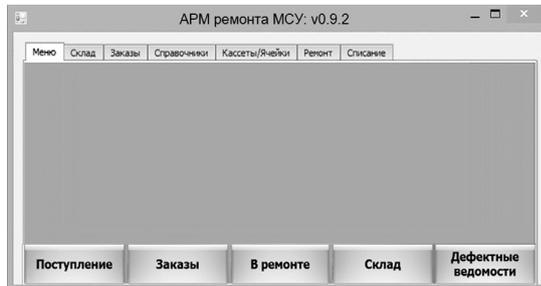


Рис. 5. Фрагмент окна программы «Меню»
Fig. 5. Fragment of the “Menu” software window

падающие в ремонт повторно, и анализировать причины неисправностей. В случае когда ремонт кассеты задерживается из-за недостающих на складе материалов, можно перевести их в статус «В ожидании». По приходу необходимых деталей производится возврат блока МСУ в статус «Принятые кассеты».

Рассмотрим технологический процесс ремонта ячеек МСУ. Вначале формируется дефектная ведомость в процессе ремонта, затем в ней закрепляется список материалов, нужных для ремонта, которые поступают со склада. Склад разделен на составляющие: основным складом считается склад администратора системы, а вторичными — склады, привязанные к каждому работнику, зарегистрированному в системе. Прежде чем поступить на склад, материалы заказываются у поставщиков, затем по приходу создается накладная, на основании которой детали заносятся в окно «Склад». При переходе в окно «В ремонте» ячейка МСУ обзаводится своей дефектной ведомостью, которая на этом этапе пуста (содержит только информацию о работнике и кассете). После ремонта она пополняется списком работ и материалов, включенных в цикл ремонта ячейки, а также приобретает уникальный порядковый номер.

Необходимо отметить, что уровень хранения данных MySQL — реляционная система управления базами данных, разработанная и поддерживаемая корпорацией Oracle. MySQL входит в состав портативной сборки веб-серверов XAMPP, используется в качестве сервера, к которому обращаются локальные и удаленные клиенты, и является свободно распространяемой системой. Интерфейс программы выполнен с использованием Windows Form (поддерживается Microsoft .NETFramework) — интерфейса программирования приложений, отвечающих за графический интерфейс пользователя. Данный интерфейс упрощает доступ к элементам интерфейса Microsoft Windows за счет создания обертки для существующего Win32 API в управляемом коде, которым являются классы. Классы разбиты на файлы по вкладкам в программе, в каждом файле сгруппированы функции на соответствующей вкладке, в том числе привязанные к элементам управления.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ №		8260	"27" августа 2018 г.				
2	(основание - договор № 016 (2013)ИА от "25" апреля 2013 г.)							
3	Исполнитель и Заказчик договорились о замене следующих запасных частей на ячейке							
4	Блок аналоговых сигналов марки БАС-051 № К18208-22							
5	№	Наименование	Чертеж, ГОСТ	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость	Сумма, руб.	
11	п/п					ед. без НДС	без НДС	
13	1	Конденсатор К10-17 А Н90 0,1 мкФ		шт.	0	0,00	0,00	
14	Транспортно-заготовительские расходы 4%				0		0,00	
15	ИТОГО по материалам и комплектующим						0,00	
16								
17	По результатам исследования Оборудования принято решение провести следующие работы на:							
18	Блок аналоговых сигналов марки БАС-051 № К18208-22							

Рис. 6. Фрагмент шаблона для дефектных ведомостей
Fig. 6. Fragment of the template for defective sheets

В качестве примера на рис. 5 приведен интерфейс главного окна «Меню» разработанной программы. В верхней части окна расположены все вкладки программы, к которым предстоит обращаться исполнителю в процессе выполнения заказа, в нижней — кнопки для быстрого доступа к окнам, с которыми приходится работать в первую очередь.

Ключевым элементом управления АРМ является вкладка «Кассеты/Ячейки», в которой ремонтный персонал может отслеживать информацию по поступившим в ремонт кассетам, фиксировать и изменять стадии процесса их ремонта, формировать нужные документы на обработку и экспорт. Во вкладке «Ремонт» отображается информация для сотрудников о созданных дефектных ведомостях. Фрагмент шаблона для дефектных ведомостей представлен на рис. 6.

Дефектные ведомости, протокол проведения стендовых испытаний и акт сдачи-приемки выполненных работ будут оформлены в виде книги Excel.

Представленный пример технологического процесса восстановительного ремонта ячеек МСУ электровоза показывает, что внедрение АРМ в технологию ТО и ТР электронного оборудования обеспечит создание АСУ учета и ремонта электронных ячеек МСУ в сервисных участках сетевых ПТОЛ, приводящей в конечном итоге к повышению надежности работы электровозов в эксплуатации.

Заключение. 1. Статистика отказов МСУ и неисправностей их ячеек на электровозах переменного тока, собранная за период с 2016 по 2018 г. в ПТОЛ ст. Тайшет и Карымская показала, что количество отказов МСУ сократилось на 30%, а количество неисправных ячеек МСУ, поступивших в ремонт, — на 45%. Этот результат был достигнут благодаря совершенствованию систем ТО и ТР электронного оборудования электровозов путем создания пунктов их полного сервисного обслуживания на железных дорогах Восточного полигона.

2. Оптимизацию ремонта и создание автоматизированного технологического процесса обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов позволяет обеспечивать разработанное в АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» АРМ оптимизации и ремонта МСУ электровоза переменного тока.

3. Разработанная специалистами АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» совместно с работниками ООО «ЛокоТех-Сервис» технологическая модель полного сервисного обслуживания и ремонта электронного оборудования электровозов переменного тока на железных дорогах Восточного полигона внедрена и хорошо зарекомендовала себя в работе ПТОЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Быстрицкий Х.Я., Дубровский З.М., Ребрик Б.Н. Устройство и работа электровозов переменного тока. М.: Транспорт, 1973. 464 с.
- Капустин Л.Д., Копанев А.С., Лозановский А.Л. Особенности устройства и эксплуатации электровоза ВЛ80^Р. М.: Транспорт, 1979. 175 с.
- Голованов В.А., Капустин Л.Д., Хомяков Б.И. Эксплуатация силовых преобразователей электроподвижного состава. М.: Транспорт, 1979. 207 с.
- Тихменев Б.Н., Трахтман Л.М. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. Теория работы электрооборудования. Электрические схемы и аппараты: учеб. для вузов ж.-д. транспорта. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1980. 471 с.
- Электровоз ВЛ80^Р. Руководство по эксплуатации / под ред. Б.А. Тушканова. М.: Транспорт, 1982. 541 с.
- Электровоз ВЛ85. Руководство по эксплуатации. М.: Транспорт, 1986. 572 с.
- Электровоз ЭП1. Руководство по эксплуатации. Кн. 1. Техническое описание. Электрические схемы. ИДМБ.661142.004 РЭ1. Новочеркасск, ВЭЛНИИ, 1997. 124 с.
- Электровоз магистральный 2ЭС5К (ЗЭС5К). Руководство по эксплуатации. Кн. 1. Описание и работа. Электрические схемы. ИДМБ.661142.009РЭ1. Новочеркасск: ВЭЛНИИ, 2004. 248 с.
- Режимы работы магистральных электровозов / О.А. Некрасов [и др.]; под ред. О.А. Некрасова. М.: Транспорт, 1983. 231 с.
- Капустин Л.Д., Каменев А.С., Лозановский А.Л. Надежность и эффективность электровозов ВЛ80^Р в эксплуатации / под ред. Л.Д. Капустина. М.: Транспорт, 1986. 246 с.
- Горбань В.Н., Донской А.Л., Шабалин Н.Г. Электронное оборудование электровоза ВЛ80^Р, ремонт и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1984. 183 с.
- Техническое диагностирование электронного оборудования электровозов переменного тока / А.В. Горленко [и др.]. М.: Транспорт, 1992. 112 с.
- Зайцев В.К., Алексеев А.Г. Стационарное диагностическое устройство для блока управления электровоза ВЛ80^Р // Труды ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1982. Вып. 650. С. 97–104.
- Особенности эксплуатации и технического обслуживания электровозов ВЛ80^Р с МСУЭ / под ред. И.Е. Чмилева. Красноярск: Изд-во ДЦВ Красноярской ж.д., 2011. 60 с.
- Микропроцессорная система управления и диагностирования электровозов ВЛ80^Р МСУЭ: учеб. пособие по эксплуатации. Красноярск: Изд-во ДЦВ Красноярской ж.д., 2011. 64 с.
- Семченко В.В., Мальцев Е.А., Лакин И.К. Анализ режимов эксплуатации электровозов серии ВЛ80^Р // Локомотив. 2015. № 11. С. 40–41.
- Хромов И.Ю., Баркунова А.А., Никишкина Е.А. Мониторинг режимов эксплуатации локомотивов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 391–395.
- Мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации локомотивов. Теория и практика / К.В. Липа [и др.]; ООО «Локомотивные технологии», ООО «ТМХ-Сервис». М.: Локомотивные технологии, 2015. 211 с.
- Лакин И.И. Мониторинг технического состояния локомотивов по данным бортовых аппаратно-программных комплексов: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. М.: МИИТ, 2016. 195 с.
- Семченко В.В., Лакин И.К., Мальцев Е.А. Опыт внедрения и результаты работы системы мониторинга технического состояния и режимов работы электровозов ВЛ80^Р // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 345–350.
- Мельников В.А., Аболмасов А.А., Лакин И.И. Алгоритмическая защита локомотивов // Локомотив. 2015. № 3. С. 8–10.
- Богинский С.А. О необходимости разработки новых алгоритмов управления для МСУ локомотивов // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов: сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 11–12 окт. 2018 г.). М.: Локомотивные технологии, 2018. С. 126–129.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

БОГИНСКИЙ Сергей Антонович,

заместитель начальника дирекции тяги (по планированию и контролю ремонта локомотивов), Дирекция тяги — филиал ОАО «РЖД»

СЕМЧЕНКО Виктор Васильевич,

генеральный директор АО «ДЦВ Красноярской ж.д.»

ШАБАЛИН Николай Григорьевич,

д-р техн. наук, начальник управления АО «НИИАС»

Статья поступила в редакцию 03.04.2019 г., принята к публикации 31.05.2019 г.

Maintenance service technology and analysis of operation results of electronic equipment of AC electric locomotives on the railways of the Eastern operational area

S. A. BOGINSKIY¹, V. V. SEMCHENKO², N. G. SHABALIN³

¹ Open Joint Stock Company Russian Railways (JSC "RZD"), Moscow, 105064, Russia

² Joint Stock Company "Road Center for the Implementation of the Krasnoyarskaya Railway" (JSC "DTsV of the Krasnoyarskaya Railway"), Krasnoyarsk, 660021, Russia

³ Joint Stock Company "Research and Design Institute of Informatization, Automation and Communication in Railway Transport" (JSC "NIIAS"), Moscow, 109029, Russia

Abstract. The article presents the relevance of the topic associated with the introduction of technical diagnostics tools and the service system of electronic equipment for AC electric locomotives. Results of operating a microprocessor control system and

diagnostics of AC electric locomotives on the Eastern operational area are presented in the form of failure statistics of elements of microprocessor technology. Structure of the technological process of servicing AC electric locomotives on the railways of the Eastern

operational area is shown. Authors revealed features of building a system of locomotive maintenance points (LMP), which carry out repair and maintenance of electronic equipment for AC electric locomotives of various series. Functional scheme of the system for servicing electronic equipment for AC electric locomotives has been developed. Bench and technological equipment of the service area for the maintenance of electronic equipment is shown. The article describes development of an automated workplace (AWP) for optimization and repair of a microprocessor control system (MCS) for an electric locomotive, which was not previously in the locomotive sector. Examples of performing technological processes of repairing cassettes of MCS using AWP are given. The following conclusions were made: 1. Statistics of MCS failures and malfunctions of their cells on AC electric locomotives at the Eastern operational area for the period from 2016 to 2018 (LMP of station Tayshet and Karymskaya) shows that the number of failures of MCS decreased by 30 % and the number of malfunctioning MCS cells, received for repair, decreased by 45 %. 2. Automated workplaces created in the JSC "DTsV of the Krasnoyarskaya Railway" for optimizing and repairing the local government of AC electric locomotive made it possible to optimize repairs and create an automated process for the maintenance and repair of electronic equipment for electric locomotives. 3. Developed by specialists of the JSC "DTsV of the Krasnoyarskaya Railway" together with the employees of the LLC "Lokotech-Service" technological model of full service maintenance and repair of electronic equipment for AC electric locomotives on the railways of the Eastern operational area was implemented and well proved itself in the work of the LMP.

Keywords: electric locomotive; microprocessor control system and diagnostics; maintenance; current repair; technical condition; technological process; failure

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-3-169-176>

REFERENCES

1. Bystritskiy Kh. Ya., Dubrovskiy Z. M., Rebrik B. N. *Structure and operation of AC electric locomotives*. Moscow, Transport Publ., 1973, 464 p.
2. Kapustin L. D., Kopanov A. S., Lozanovskiy A. L. *Features of the device and operation of the locomotive VL80^R*. Moscow, Transport Publ., 1979, 175 p.
3. Golovanov V. A., Kapustin L. D., Khomyakov B. I. *Operation of power converters for electric rolling stock*. Moscow, Transport Publ., 1979, 207 p.
4. Tikhmenev B. N., Trakhtman L. M. *Rolling stock of electrified railways. Theory of electrical equipment. Electric circuits and devices. Textbook for universities of railway transport*. 4th edition, revised and augmented. Moscow, Transport Publ., 1980, 471 p.
5. Tushkanov B. A. *Electric locomotive VL80^R. Manual*. Moscow, Transport Publ., 1982, 541 p.
6. *Electric locomotive VL85. Manual*. Moscow, Transport Publ., 1986, 572 p.
7. *Electric locomotive EP1. Manual. Vol. 1. Technical description. Electrical circuits*. Novocherkassk, VEINII, 1997, 124 p.
8. *Electric locomotive 2E55K (3E55K). Manual. Vol. 1. Description and operation. Electrical circuits*. Novocherkassk, VEINII, 2004, 248 p.
9. Nekrasov O. A., Lisitsin A. L., Muginshteyn L. A., Rakhmaninov V. I. *Modes of operation of mainline electric locomotives*. Moscow, Transport Publ., 1983, 231 p.
10. Kapustin L. D., Kamenev A. S., Lozanovskiy A. L. *Reliability and efficiency of VL80^R electric locomotives in operation*. Moscow, Transport Publ., 1986, 246 p.
11. Gorban' V. N., Donskoy A. L., Shabalin N. G. *Electronic equipment of an electric locomotive VL80^R, repair and maintenance*. Moscow, Transport Publ., 1984, 183 p.
12. Gorlenko A. V., Donskoy A. L., Lakin I. K., Shabalin N. G. *Technical diagnosis of electronic equipment for AC electric locomotives*. Moscow, Transport Publ., 1992, 112 p.
13. Zaytsev V. K., Alekseev A. G. *Stationary diagnostic device for the control unit of an electric locomotive VL80^R*. Proc. of the JSC "VNIIZhT". Moscow, Transport Publ., 1982, no. 650, pp. 97–104.
14. Chmylev I. E. *Features of operation and maintenance of electric locomotives VL80^R with MCS*. Krasnoyarsk, JSC "DTsV of Krasnoyarskaya Railway" Publ., 2011, 60 p.
15. *Microprocessor control system and diagnostics of electric locomotives VL80^R MCS: training manual for operation*. Krasnoyarsk, JSC "DTsV of Krasnoyarskaya Railway" Publ., 2011, 64 p.
16. Semchenko V. V., Mal'tsev E. A., Lakin I. K. *Analysis of operating modes of electric locomotives of the VL80^R series*. Lokomotiv, 2015, no. 11, pp. 40–41.
17. Khromov I. Yu., Barkunova A. A., Nikishkina E. A. *Monitoring of operating modes of locomotives*. Prospects for the development of servicing locomotives. Coll. of materials of the Third International scientific and practical conf. (Moscow, October 11–12, 2018). Moscow, Lokomotivnyye tekhnologii Publ., 2018, pp. 391–395.
18. Lipa K. V., Lakin I. K. *Monitoring of the technical condition and operating modes of locomotives. Theory and practice*. Moscow, Lokomotivnyye tekhnologii Publ., 2015, 211 p.
19. Lakin I. I. *Monitoring tekhnicheskogo sostoyaniya lokomotivov po dannym bortovykh apparatno-programmykh kompleksov. Kand. tekhn. nauk diss.* [Monitoring of the technical condition of locomotives according to onboard hardware-software systems. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, MIIT Publ., 2016, 195 p.
20. Semchenko V. V., Lakin I. K., Mal'tsev E. A. *Opyt vnedreniya i rezul'taty raboty sistemy monitoringa tekhnicheskogo sostoyaniya i rezhimov raboty elektrovozov VL80^R* [Experience of implementation and results of the operation of monitoring system of the technical condition and operating modes of VL80^R electric locomotives]. Perspektivy razvitiya servisnogo obsluzhivaniya lokomotivov. Sb. materialov Tret'ey Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Moskva, 11–12 okt. 2018 g.) [Prospects for the development of servicing locomotives. Coll. of materials of the Third International scientific and practical conf. (Moscow, October 11–12, 2018)]. Moscow, Lokomotivnyye tekhnologii Publ., 2018, pp. 345–350.
21. Mel'nikov V. A., Abolmasov A. A., Lakin I. I. *Algoritmicheskaya zashchita lokomotivov* [Algorithmic protection of locomotives]. Lokomotiv, 2015, no. 3, pp. 8–10.
22. Boginskiy S. A. *O neobkhodimosti razrabotki novykh algoritmov upravleniya dlya MSU lokomotivov* [On the need to develop new control algorithms for local government locomotives]. Perspektivy razvitiya servisnogo obsluzhivaniya lokomotivov. Sb. materialov Tret'ey Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Moskva, 11–12 okt. 2018 g.) [Prospects for the development of servicing locomotives. Coll. of materials of the Third International scientific and practical conf. (Moscow, October 11–12, 2018)]. Moscow, Lokomotivnyye tekhnologii Publ., 2018, pp. 126–129.

ABOUT THE AUTHORS

Sergey A. BOGINSKIY,

Deputy Head of the Direction of traction (on planning and controlling the repair of locomotives), Direction of traction – branch of the JSC "RZD"

Viktor V. SEMCHENKO,

General Director of the JSC "DTsV of the Krasnoyarskaya Railway"

Nikolay G. SHABALIN,

Dr. Sci. (Eng.), Head of the Department, JSC "NIIAS"

Received 03.04.2019

Accepted 31.05.2019

■ E-mail: v.v.semchenko@dvc.ru (V. V. Semchenko)