

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОиР ДЦВ КРАСНОЯРСКОЙ Ж.Д.

В. В. Семченко, к.т.н., генеральный директор ДЦВ Красноярской ж.д.

Аннотация. В статье описана история становления и суть модели управления техническим обслуживанием и ремонтом электронного и микропроцессорного оборудования электровозов, которая была разработана и внедрена на Восточном полигоне железных дорог ОАО «РЖД» Дорожным центром внедрения Красноярской железной дороги (ДЦВ Красноярской ж.д.). Предложено создавать хорошо оборудованные с высококвалифицированным персоналом опорные центры по диагностированию и восстановлению работоспособности электронного оборудования с формированием ремонтных комплектов, поставляемых в локомотивные депо и ПТОЛ на опорные пункты для ремонта локомотивов по крупно-агрегатному принципу. Опыт ДЦВ Красноярской ж.д. будет полезен не только для ТОиР электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП), но и для всех отечественных локомотивов.

Ключевые слова: локомотивы, электронное и микропроцессорное оборудование, техническое обслуживание и ремонт, модель сервиса.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КРАСНОЯРСКОЙ ШКОЛЫ ТОиР

Электрификация железных дорог СССР на переменном токе при всех её преимуществах не позволяла реализовать рекуперацию, что было особенно актуально на Восточном полигоне МПС СССР. Ступенчатое регулирование переключением вторичных обмоток трансформатора на электровозах серий Ф (Франция), ВЛ60, ВЛ80К, а позже ВЛ80Т и ВЛ80С не позволяло реализовать электрическое торможение с рекуперацией электроэнергии. Только появлением электровозов серии ВЛ80Р с выпрямительно-инверторными преобразователями (ВИП) на базе тиристоров с плавным четырёх-зонным управлением напряжением на тяговых электродвигателях (ТЭД) рекуперация стала возможной (рисунок 1).

Опытный образец электровоза с ВИП был изготовлен в 1967-м году на базе электровоза ВЛ80К (рисунок 1). Тиристоры были рассчитаны только на 200 А, из-за чего в первых ВИП их было по 300 штук в каждом ВИП. После продолжительных испытаний в 1969-м году были изготовлены ещё два электровоза с уже с серийным ВИП-2200 с 260-ю тиристорами.



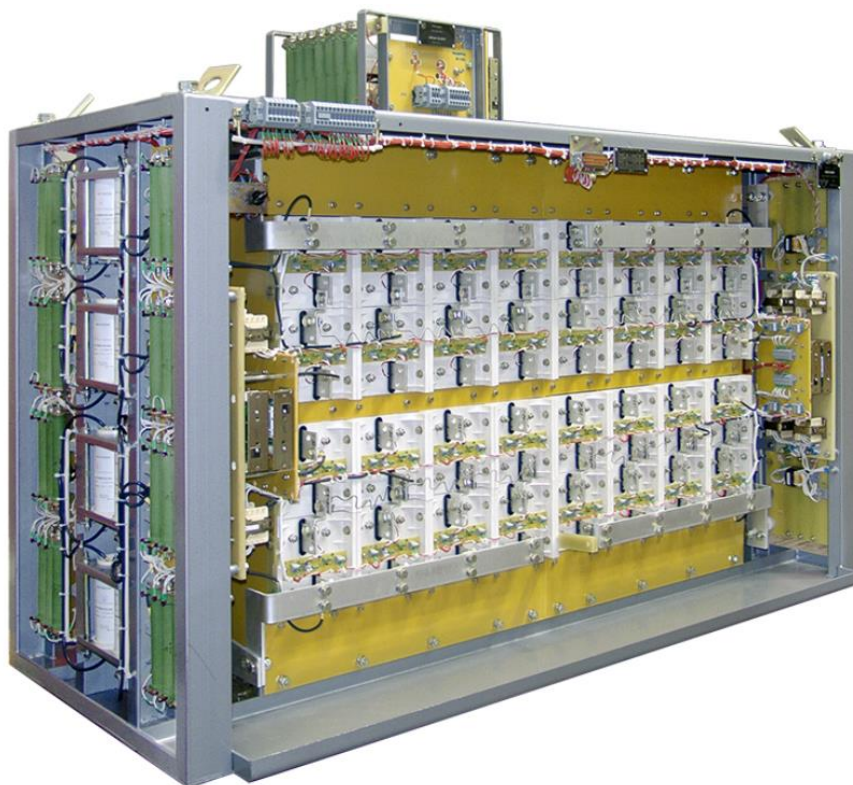
Рисунок 1 – Первый экспериментальный электровоз с ВЭП

В декабре 1973 года выпускается первый серийный ВЛ80Р-1500 с ВЭП-2200М с 154-я тиристорами (рисунок 2). После испытаний в 1974-м году ВЛ80Р-1500 и последующих локомотивов в депо «Батайск», электровозы в 1975-м году передаются на Красноярскую железную дорогу в локомотивное депо Боготол. С этого момента начинается становление Красноярской школы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) электронного оборудования локомотивов.



Рисунок 2 – Первый серийный электровоз с ВЭП

Дальнейшее развитие электровозной тяги на переменном токе происходило на базе электровозов с ВИП [1], которые постоянно совершенствовались: прежде всего повышался класс тиристоров с последующим сокращением их в ВИП (рисунок 3). Совершенствовалась и электронная система управления ВИП от транзисторных БУВИП-80, БУВИП-100, БУВИП-113, цифровых БУВИП-133, до микропроцессорных систем управления МСУД. В настоящее время эксплуатируются тысячи электровозов с ВИП серий ВЛ80Р, ВЛ85, ВЛ65, ЭП1, ЭП1М, ЭП1П, Э5К, 2ЭС5К, 3ЭС5К, 4ЭС5К (рисунок 4).



Выпрямительно-инверторный преобразователь ВИП-4000-2М



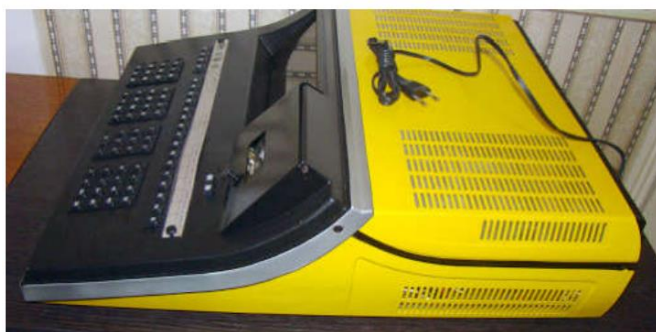
БУВИП-113 (1-е поколение) БУВИП-133 (2-е поколение) МСУД (3-е поколение)

Рисунок 3 – Электронная система управления современных электровозов



Рисунок 4 – Электровозы переменного тока с ВИП

Появление в локомотивном депо «Боготол» электровозов с полностью электронной системой управления потребовало решение принципиально новых задач по организации их ТОиР. Впервые в стране был создан цех выпрямительных установок под управлением Н. Г. Шабалина [2]. Именно в цехе ВУ депо Боготол создавалась новая технология ремонта. Эмпирически определялись оптимальные межремонтные пробеги, разрабатывались ремонтные приспособления, диагностические устройства. Итогом стало внедрение в 1984-м году автоматизированной системы технического диагностирования (АСТД) на базе ЭВМ «Электроника ДЗ-28» – первого компьютера в отечественном локомотивном депо (рисунок 5) [3, 4]. АСТД была удостоена золотой медали ВДНХ.



Первый компьютер (ЭВМ) в локомотивных депо: «Электроника ДЗ-28 (1983 г.)



Первые стелды для испытания и ремонта электронного оборудования

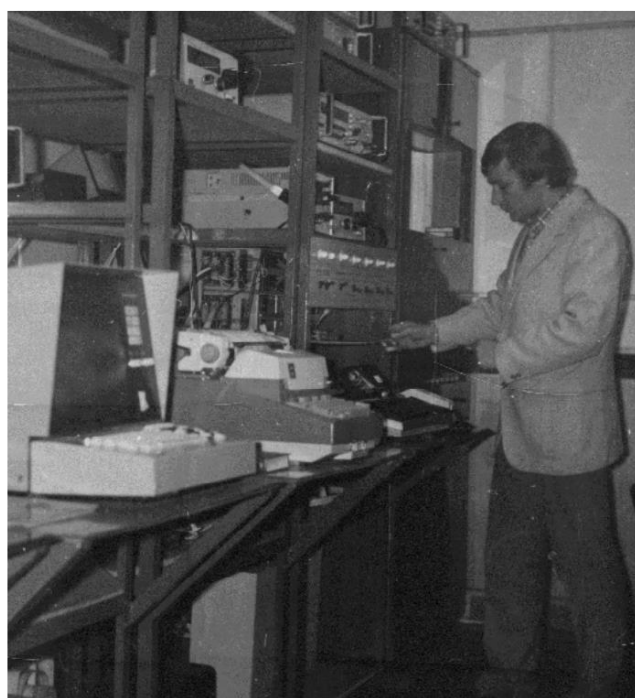


Рисунок 5 – Первая компьютерная автоматизированная система технического диагностирования БУВИП (АСТД), внедрённая в локомотивном депо Боготол Красноярской железной дороги в 1984-м году

В результате надёжность электровозов ВЛ80Р была повышена в 5 раз от первоначальной и получен положительный ответ на вопрос, может ли электроника эксплуатироваться в тяжёлых климатических условиях Сибири. После проведения школы передового опыта в депо «Боготол» в 1986 году аналогичные системы (АСТД) были внедрены во всех депо Восточного полигона, эксплуатирующих и ремонтирующих электровозы с ВИП.

Именно опыт, накопленный в депо Боготол, лёг в основу модели управления ТОиР электронного оборудования, разработанной позже в ДЦВ Красноярской ж.д.

ДЦВ КРАСНОЯРСКОЙ Ж.Д.

В 1999 году в МПС РФ совместно с ВНИИЖТ и Отраслевым центром внедрения (ОЦВ) принято решение о необходимости создания на каждой железной дороге Дорожных центров внедрения – ДЦВ. В результате 20 марта 2000 года, 25 лет назад создано АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» (далее – ДЦВ) [5]. Именно к этой дате приурочено проведение 2-й научно-практической конференции «ТОиР».

Первоначально все центры занимались внедрением общесетевых проектов. Но постепенно стала появляться специализация. У ДЦВ Красноярской ж.д. – это наукоёмкие проекты, связанные с электроникой. ДЦВ развивает мониторинг и исследования, разработку и совершенствование технических средств тягового подвижного состава, модернизирует устаревшее оборудование, выполняет капитальный ремонт с продлением срока службы электронных систем локомотива, занимается экспертизой и диагностикой электроники, наукоёмких схемных электрических систем локомотива. В ДЦВ разработана и внедрена, в замену аналоговых БУВИП, микропроцессорная система управления МСУЭ для электровозов ВЛ80Р и ВЛ80ТК. Разработан бортовой регистратор МСУ электровоза. ДЦВ занимается совершенствованием ВИП, разработкой стендового оборудования. В ДЦВ получены патенты на «Усовершенствованный преобразователь электровозов ВЛ85, ВЛ80р», «Выпрямительно-инверторный преобразователь, усовершенствованный ВИП-4000 (ВИП-У)», «Устройство для повышения коэффициента мощности ВИП», «Способ управления многозонным ВИП переменного тока» и др.

Свою научно-практическую деятельность ДЦВ ведёт во взаимодействии со многими отраслевыми производителями электронного оборудования тягового подвижного состава (ТПС), конструкторскими и технологическими подразделениями заводов: «Электровыпрямитель», НЭВЗ, ЛЭС, КСК, группы компаний АО «ТМХ». Активно ведёт работу с вузами, прежде всего ДВГУПС, ИрГУПС, ОмГУПС, РУТ.

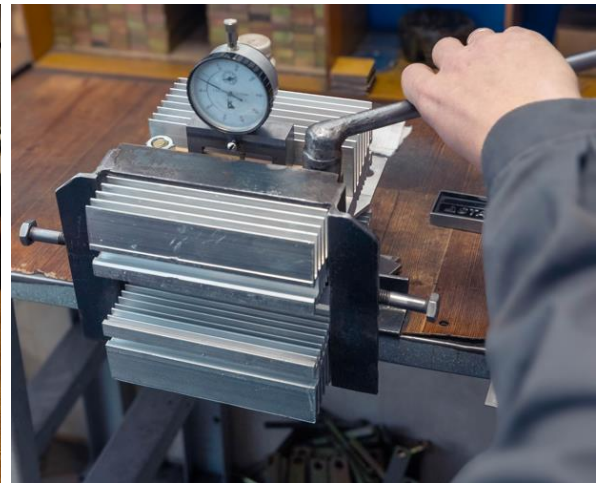
Несмотря на множество направлений работы ДЦВ отраслевой направленности, главным направлением деятельности ДЦВ Красноярской ж.д. стало техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) электронного оборудования тягового подвижного состава ОАО "РЖД" (рисунки 6, 7). ДЦВ является технологическим партнером компании ООО «ЛокоТех-Сервис».



Участок сборки ВИП



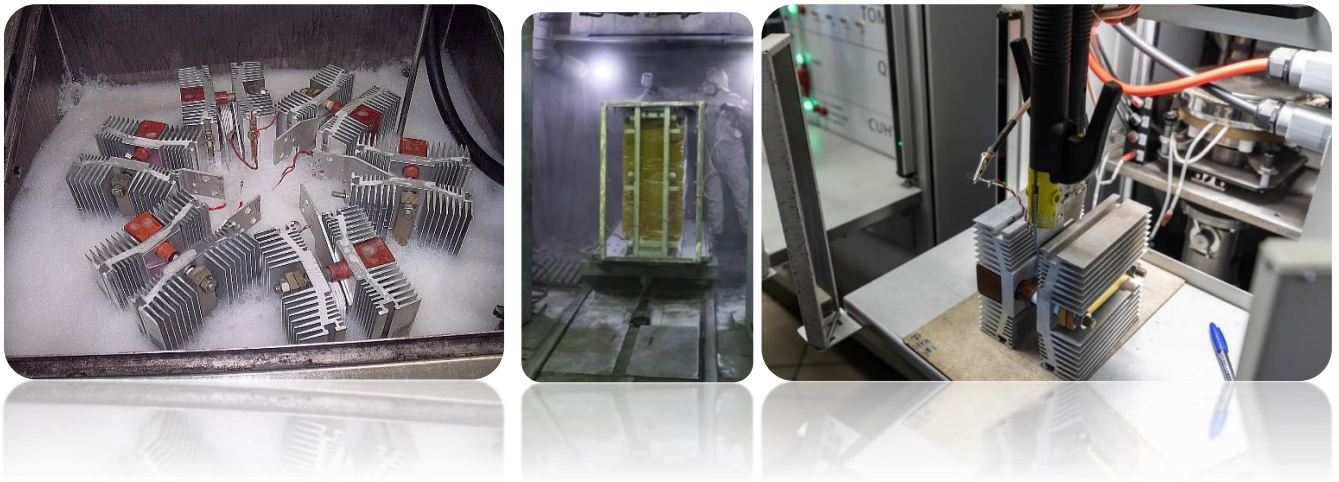
Тиристоры



Сборка тиристоров с радиатором



Испытательно-наладочные стенды

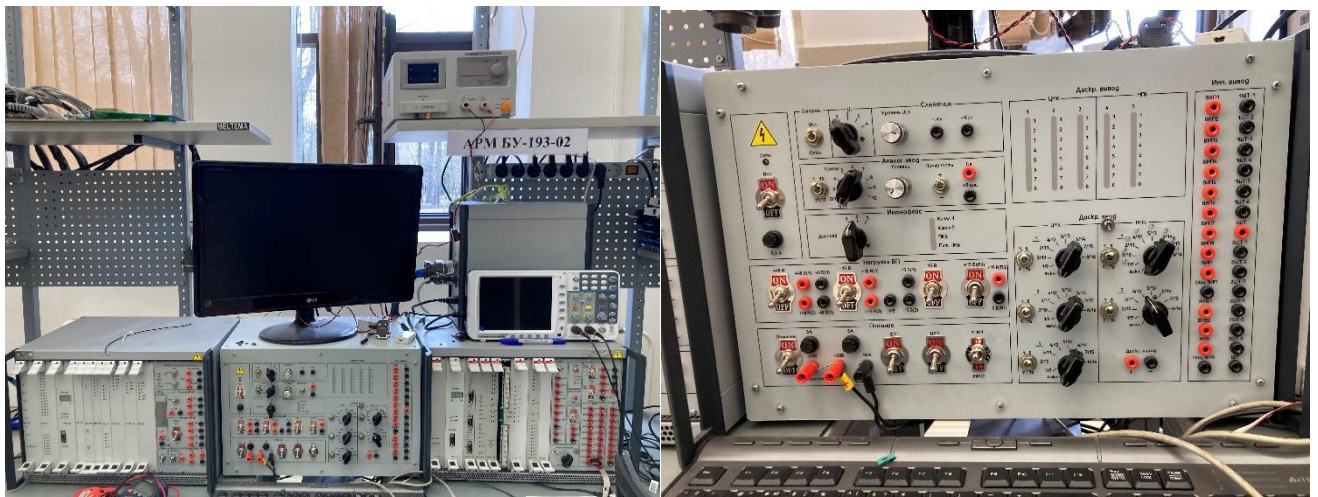


Технологическое оборудование подготовки тиристоров



Рисунок 6 – Базовый опорный сервисный центр ремонта ВИП электровозов Восточного полигона в городе Боготоле

В технологический процесс ремонта внедрены автоматизированные стенды для испытания, диагностирования силовых тиристоров ВИП, который позволяет автоматизировать формирование в плечи ВИП.



Технологическое оборудование

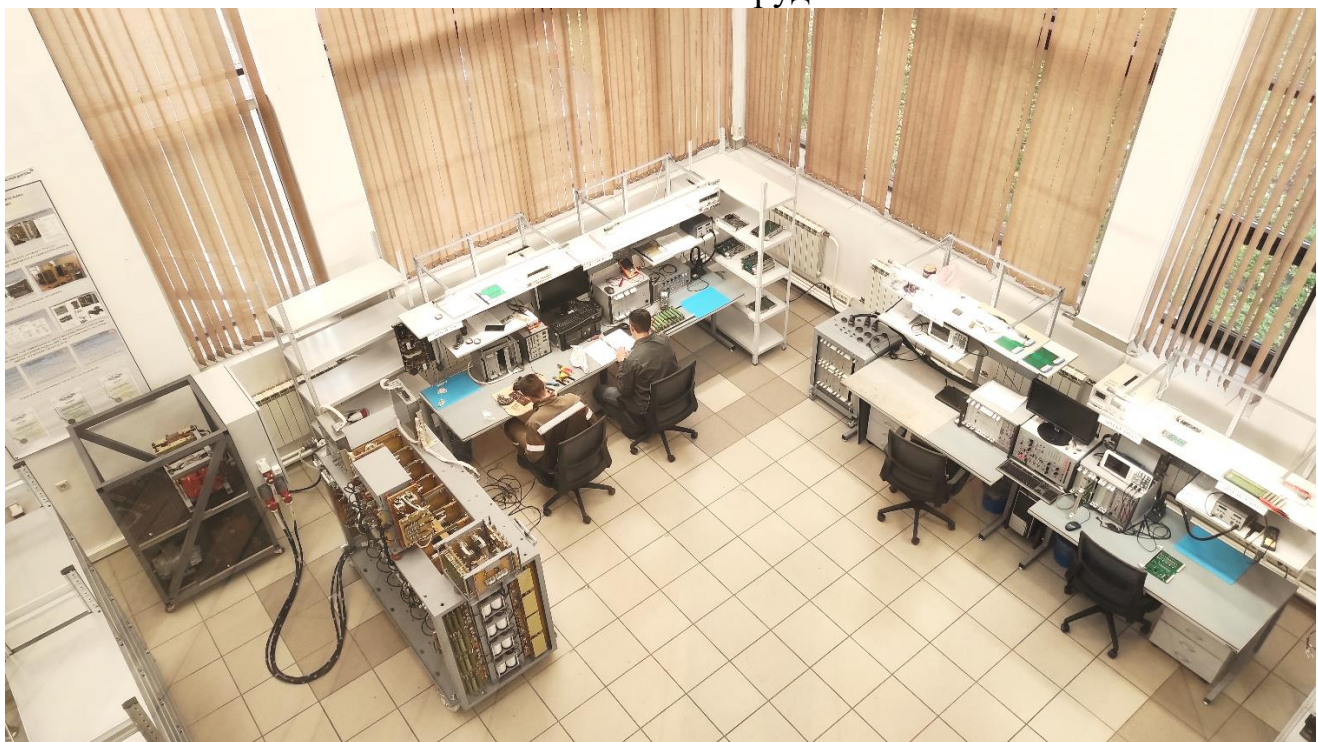


Рисунок 7 – Базовый опорный сервисный центр ремонта микропроцессорных систем управления электровозов Восточного полигона в городе Красноярске

Сервисные участки ДЦВ выполняют работы с непрерывным циклом ТОиР электронного оборудования электровозов Восточного полигона ОАО "РЖД": Красноярская, Восточно-Сибирская, Забайкальская, Дальневосточная железные дороги. Штат работников – высококвалифицированные специалисты, обладающие уникальной технологией и компетенциями. На текущий момент, ДЦВ Красноярской ж.д. является значимым стратегическим ресурсом ОАО "РЖД".

АО «ДЦВ Красноярской ж. д.» в своей структуре имеет 7 сервисных участков, опорных пунктов на сетевых ПТОЛ железных дорог ОАО «РЖД» Восточного полигона, с центральным оперативно-проектным офисом и базовым сервисным центром по ремонту микропроцессорной электроники в городе Красноярске. Базовый производственно-технологический центр ДЦВ находится в городе Боготоле на производственной площадке в СЛД «Боготол-Сибирский».

В ДЦВ создан филиал – базовый сервисный центр для обслуживания и ремонта ВИП на базе СЛД «Боготол-Сибирский». Приобретено наукоемкое, стендовое: диагностическое, технологическое оборудование и оснастка для ремонта выпрямительных преобразователей всех модификаций, их диагностирования и ремонта тиристорных блоков ВИП с помощью компьютерного АРМ – комплекс измерения параметров силовых полупроводниковых приборов (КИП СПП-404). На базе этого же депо и в Красноярске (см. рисунок 6) созданы центры диагностирования и ремонта микропроцессорного оборудования локомотивов. В эти центры поступают отказавшие (неисправные, отклонения технических параметров) электронные блоки со всех опорных центров, куда взамен отправляются исправные ремонтные комплекты, для оперативного крупно-агрегатного ремонта электроники на линии.

Многолетний опыт организации ТОиР электронного оборудования, накопленный в ДЦВ Красноярской ж.д. является уникальным и значимым для нужд локомотивного хозяйства ОАО «РЖД».

АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» (ДЦВ) является единственной сервисной компанией по обслуживанию и ремонту электронного оборудования электровозов переменного тока на сети железных дорог ОАО «РЖД». При этом показатели надёжности электронного оборудования электровозов у ДЦВ самые высокие по сети железных дорог.

МОДЕЛЬ ТОиР ДЦВ КРАСНОЯРСКОЙ Ж.Д.

Реализованная в ДЦВ во исполнение решения НТС ОАО «РЖД» (протокол № 3 от 16.02.2012) модель сервиса электроники электровозов Восточного полигона имеет высокую эффективность и значимость в обеспечении бесперебойного перевозочного процесса ОАО «РЖД».

Современное оборудование локомотивов является сложным и наукоёмким. Существовавшая со времён паровозов технология ТОиР морально устарела. Шутка «на паровозе пять минут ищешь отказ и час ремонтируешь, а на электровозах час ищешь отказ и 5 минут ремонтируешь» отражает суть проблемы: диагностика и ремонт требуют высокой квалификации персонала, использование дорого диагностического и технологического оборудования. Создать такие центры ТОиР в каждом депо и по каждому виду оборудования – практически нерешаемая задача.

Один из выходов из сложившейся ситуации – крупно-агрегатный способ ремонта. В этом случае при ремонте диагностировать место отказа надо с точностью до заменяемого узла с его заменой на исправный с дальнейшим ремонтом отказавшего оборудования на специализированном стенде. Именно по такому пути пошёл ДЦВ Красноярской ж.д., создав свою модель ТОиР электронного оборудования на Восточном полигоне железных дорог (рисунок 8).

Изначально модель технического обслуживания и ремонта (ТОиР) электронного и микропроцессорного оборудования электровозов переменного тока с плавным регулированием силы тяги ВИП под управлением микропроцессорных систем управления и диагностики (МСУ, МСУД) разработана и проектировалась как универсальная система ТОиР с технологическим охватом обслуживания и ремонта электронного оборудования сети железных дорог Восточного полигона для ТПС на переменном токе.

Концептуальная цель решения задачи: иметь на сети железных дорог ОАО «РЖД» единый профильный Сервисный центр обладающий уникальными компетенциями, кадровым высококвалифицированным персоналом, функция которого – содержать электронное оборудования электровоза в работоспособном, исправном состоянии, обеспечить переходным, неснижаемым запасом Сетевые пункты технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) электронными компонентами – ремонтными комплектами, для обслуживания электронного оборудования электровозов в эксплуатации на линии.

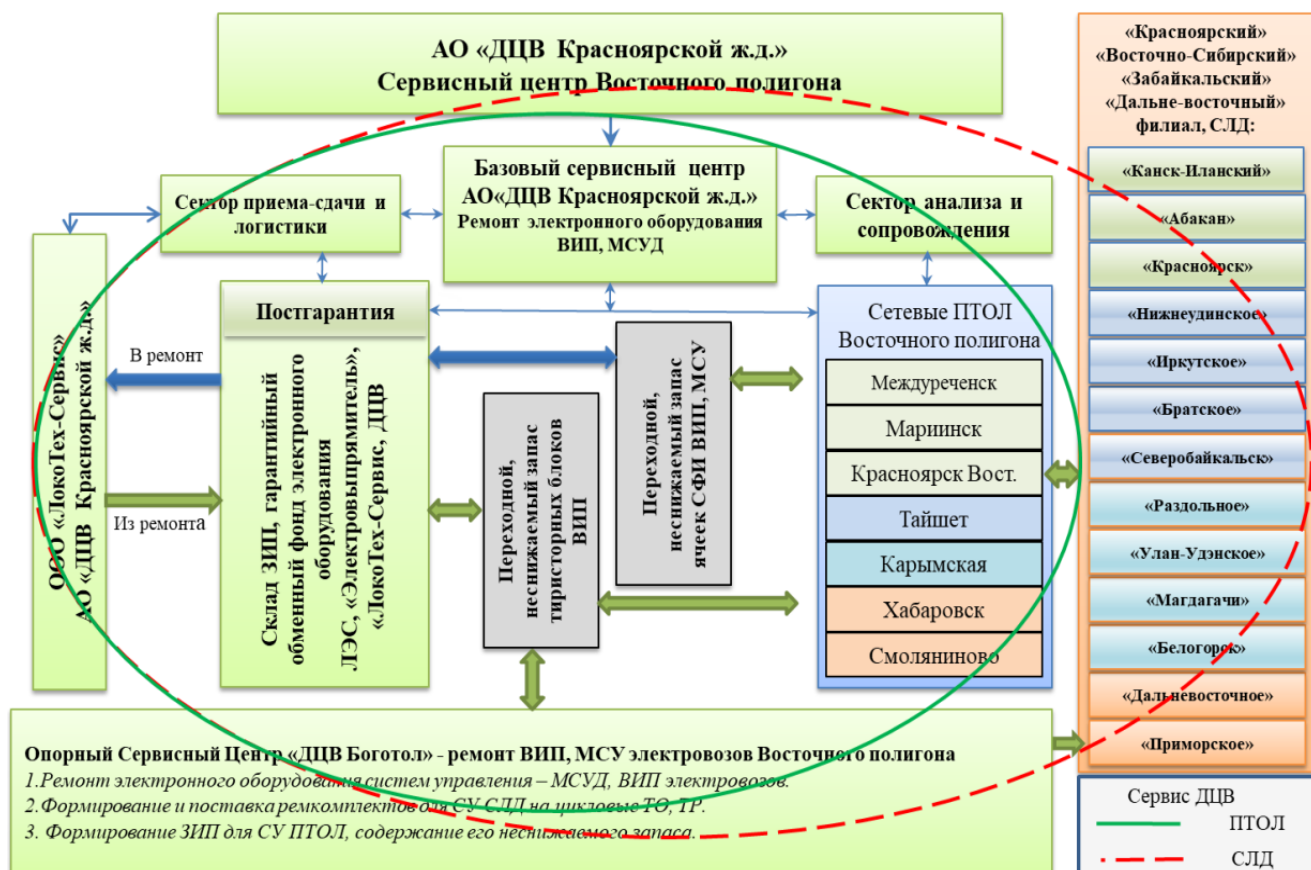


Рисунок 8 – Модель сервиса электронного оборудования электровозов Восточного полигона на базе ДЦВ Красноярской ж.д.

Разработанная модель ТОиР Восточного полигона позволила получить самую высокую по сети железных дорог надёжность электронного оборудования электровозов, полностью исключить «тяжелые отказы» - сквозные пробои ВИП.

Объёмный анализ сервиса ДЦВ показывает высокую его эффективность в содержании, парка электровозов железных дорог ОАО «РЖД» Восточного полигона, исправном состоянии.

За 12 месяцев 2024 года по обособленным подразделениям АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» Восточного полигона объём технического обслуживания электровозов переменного тока составил 242 851 секций (рисунок 9). Обеспечение технического обслуживания МСУ тягового подвижного состава Восточного полигона, сервисными участками АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» по сериям электровозов за 12 месяцев 2024 года приведено в таблице 1 и рисунке 10.

Объём восстановительного ремонта за 2024 год в обособленных подразделениях ДЦВ на сетевых ПТОЛ Восточного полигона составил 6 216 отказов (таблица 2).

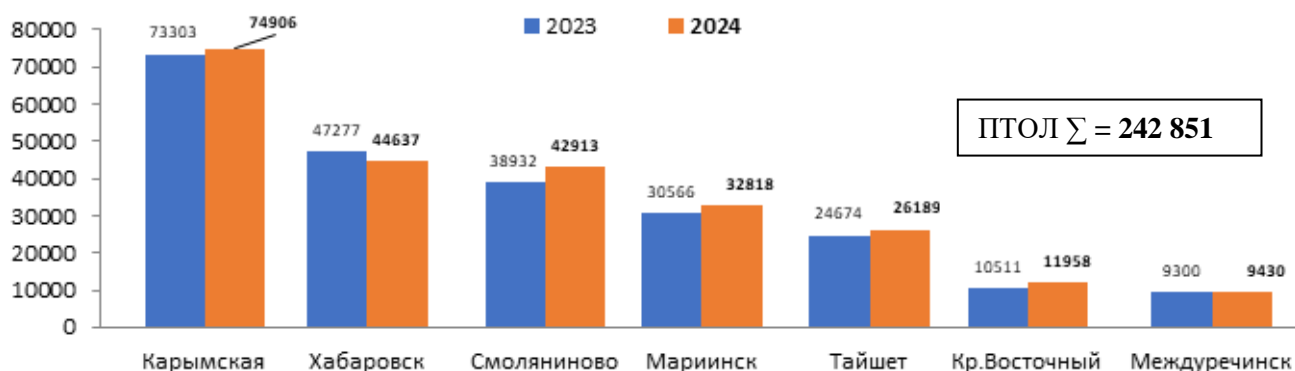


Рисунок 9 – Выполненный объем ТО электронного оборудования электровозов (секции) на Восточном полигоне железных дорог ОАО «РЖД».

Таблица 1 – Обеспечение ТОиР МСУ электровозов Восточного полигона в 2024 г.

Серия	Карымская	Хабаровск	Смоляни-ново	Мариинск	Тайшет	Между-реченск	Красноярск Восточный	Итого:
ВЛ80Р	9122	0	0	7683	5554	2215	4073	28647
ВЛ85, ВЛ65	10518	0	0	7287	6614	0	3111	27530
ВЛ80ТК(СК)	0	0	0	246	1029	708	189	2172
2(3,4)ЭС5К	54752	42287	42722	14871	11797	6492	4582	177503
ЭС5К	77	299	152	4	87	5	3	627
ЭП1	437	2051	39	2727	1108	10	0	6372
Итого:	74906	44637	42913	32818	26189	9430	11958	242851

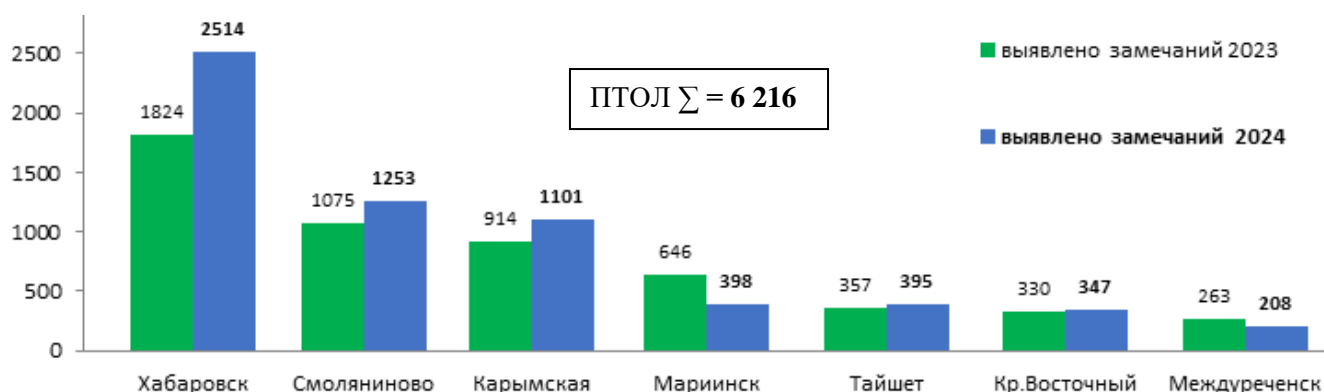


Рисунок 10 – Распределение замечаний по ПТОЛ Восточного полигона

Таблица 2 – Распределение выявленных отказов 3-го вида на ПТОЛ Восточного полигона по сериям электровозов за 2024 г.

Серия эл-за	Крымская	Хабаровск	Смоляни-ново	Мариинск	Тайшет	Междуреченск	Красноярск Восточный	Итого:
ВЛ80Р	181	0	0	104	88	48	137	558
ВЛ85, ВЛ65	274	0	0	94	102	0	114	584
ВЛ80ТК(СК)	0	0	0	11	50	70	16	147
2(3,4)ЭС5К	629	2254	1241	95	123	88	79	4509
ЭС5К	1	32	10	0	2	1	1	47
ЭП1	16	228	2	94	30	1	0	371
Итого:	1101	2514	1253	398	395	208	347	6216

Устранение выявленных предотказных состояний электронных систем локомотивов сервисными участками ДЦВ на ПТОЛ способствует повышению надежности локомотивов в целом, что подтверждается анализом (рисунок 11).

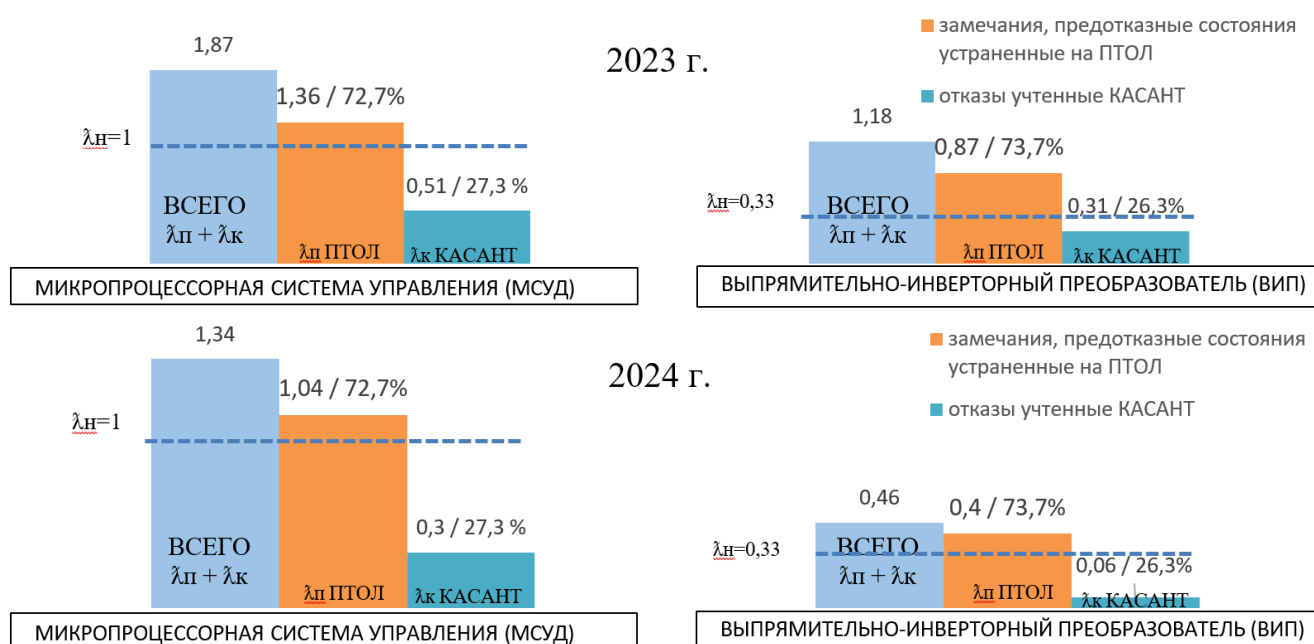


Рисунок 11 – Отказы электронного оборудования Восточного полигона

где: λ_n – нормативная интенсивность отказов на 1 млн км;
 λ_f – фактическая интенсивность отказов на 1 млн км.

Таким образом, статистика отказов и надёжности ВИП и МСУД на Восточном полигоне наглядно подтверждает эффективность предложенной модели сервисного ТОиР, реализованной согласно современным методическим подходам систем менеджмента качеством (СМК) [6, 7].

ВЫВОДЫ

Электронное оборудование тягового подвижного состава является значимой – ключевой составляющей безопасности движения железных дорог. Разработанная в Дорожном центре внедрения Красноярской железной дороги сервисная модель технического обслуживания и ремонта (ТОиР) электронного и микропроцессорного оборудования электровозов переменного тока ориентирована на обеспечение коэффициента технической готовности (КТГ) локомотива, бесперебойную работу тягового подвижного состава приписного парка железных дорог ОАО «РЖД», поддержания его нормативного коэффициента готовности в эксплуатации (КГЭ). АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» является единственной сервисной компанией по обслуживанию и ремонту электронного оборудования электровозов переменного тока на сети железных дорог ОАО «РЖД».

Реализованная в ДЦВ во исполнение решения НТС ОАО «РЖД» (протокол № 3 от 16.02.2012) модель сервиса электроники электровозов Восточного полигона имеет высокую эффективность и значимость в обеспечении бесперебойного перевозочного процесса ОАО «РЖД».

Опорный сервисный центр – филиал АО «ДЦВ Красноярской ж.д.» создан в базовом сервисном ремонтном локомотивном депо «Боготол-Сибирский» компании «ЛокоТех» и является самым передовым центром сервисного обслуживания электронного оборудования на всей сети железных дорог ОАО «РЖД» и обеспечивает полный цикл работ ТОиР электронного оборудования электровозов переменного тока производства НЭВЗ на сетевых ПТОЛ железных дорог ОАО «РЖД» Восточного полигона. С помощью сервисной модели ДЦВ удалось добиться значительного технико-экономического эффекта как в плане повышения технической надежности работы электронного оборудования локомотива в целом, так и в плане уменьшения себестоимости ТОиР за счет уменьшения случаев пересылки неисправных электровозов с линии в ремонтное депо на восстановительные ремонты.

Опыт ДЦВ Красноярской ж. д.: «Организация ТОиР электронного силового и микропроцессорного оборудования электровозов переменного тока с выпрямительно-инверторными преобразователями» является значимым для нужд перевозочного процесса и приемлемым для тиражирования, реализации его на сети железных ОАО «РЖД».

Охват полным сервисом ТОиР электронного оборудования с единым центром ответственности обеспечивает высокую надёжность работы электронного оборудования локомотивов их КГЭ на высоком уровне.

Таким образом, методический подход Дорожного центра внедрения Красноярской железной дороги (ДЦВ Красноярской ж.д.) создания полигонных опорных центров с высокотехнологичным оборудованием и высококвалифицированными кадрами для обслуживания, диагностирования, испытания, восстановления работоспособности и комплектования рем. комплектов для опорных пунктов на базе ПТОЛ для осуществления крупно-агрегатного ТОиР является перспективным, подтвердившим свою эффективность за длительный период времени эксплуатации и вероятностно-статистического анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронное оборудование электровоза ВЛ80Р. Ремонт и техническое обслуживание / Горбань В. В., Донской А. Л., Шабалин Н. Г. – М.: Транспорт, 1984, 184 с.
2. Шабалин, Н. Г. Организация эксплуатации и технического обслуживания тягового подвижного состава с использованием современных информационных технологий: 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шабалин Николай Григорьевич, Московский государственный университет путей сообщения. – Москва, 1999. – 171 с. – Текст : непосредственный.
3. Семченко, В. В. Диагностирование систем управления электровозов переменного тока с тиристорными преобразователями: 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Дальневосточный университет путей сообщения – Хабаровск: 2010, 199 с. – Текст : непосредственный.
4. Лакин, И. К. Разработка теории и программно-технических средств комплексной автоматизированной справочно-информационной и управляющей системы локомотивного депо: специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Лакин Игорь Капитонович. – Москва, 1997. – 377 с. – Текст : непосредственный.
5. Дорожный центр внедрения Красноярской железной дороги. 20 лет. – Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2020 – 120 с., 249 фотографий, 54 рис.
6. Деминг, Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Э. Деминг. – Пер. с англ. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370 с. – Текст : непосредственный.
7. Джонс, Дэниэл Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дэниэл Джонс, Джеймс Вумек – Москва : Альпина Пабlishер, 2020, 472 с. – Текст : непосредственный.