

№ 8

2022

# ОКОМОИВ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

РЖД

**Цветная электрическая схема электровоза 2ЭС6 «Синара»**

**Анализ эффективности контрактов жизненного цикла**

**Электротехническая продукция в локомотивном комплексе:  
проблемы качества и пути их решения**

**Сервисному обслуживанию — современные технологии**

**Менеджмент безопасности движения в Дирекции тяги**

**Бережливое производство — поиск устранения потерь**

**Тяговое силовое оборудование электропоездов ЭС2Г «Ласточка»**

**Как повысить ресурс тяговых двигателей**



# СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

«Инновационное развитие технологии сервисного обслуживания ООО «СТМ-Сервис»» — под таким девизом недавно в Екатеринбурге успешно прошла VII ежегодная Молодежная научно-практическая конференция (МНПК) сотрудников локомотивного хозяйства, работающих в ремонте и сервисе. Этому форуму предшествовали производственные конференции, на которых были отобраны наиболее значимые проекты развития сервиса.

В нынешнем году финалистами инновационных проектов стали 24 сотрудника Компании. Все они затем прошли обучение в корпоративной «Летней школе» Учебного центра, а после были направлены на международный инновационный форум «Горизонты» в Сочи. Подробности конференции — в статье на с. 5 — 6 этого журнала.

На снимках:

- 1 генеральный директор ООО «СТМ-Сервис» О.Е. Зайцев награждает благодарственным письмом финалиста МНПК Е.И. Савенкова;
- 2 заседание секции «Технология сервисного обслуживания»;
- 3 обсуждение проектов на секции «Ресурсосбережение, экология и безопасность»;
- 4 участники МНПК выполняют творческое задание на командообразующем тренинге;
- 5 А.Г. Русаков на защите проекта «Цифровая трансформация процесса регистрации и хранения данных о результатах замеров геометрических параметров бандажей колесной пары локомотива»;
- 6 в заключение — общее памятное фото участников МНПК.



Фото И.В. Богачевой, Е.Ю. Поторочина

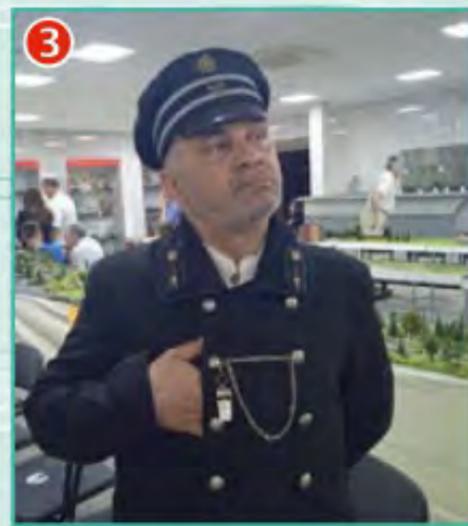


## «ЛОКОТРАНС-ЮГ-2022»

**В** Ростове-на-Дону прошла очередная, 24-я выставка «Железнодорожная модель». Мероприятие было организовано МОО «Общество любителей железных дорог» (ВОЛЖД) при партнерстве с ОАО «РЖД».

Мастерски выполненные железнодорожные миниатюры, техника и цифровые технологии на железнодорожную тему продемонстрировали посетителям красивый самобытный мир железнодорожного моделизма. Особенностью выставки этого года стала демонстрация современных цифровых возможностей модельной железной дороги как важного элемента обучающе-игрового процесса в профессиональной ориентации школьников и подростков. На снимках:

- 1 центром притяжения был модульный макет на цифровом управлении, состоявший из 60 модулей с протяженностью путей главного хода 73 м;
- 2 один из основателей выставки «Локотранс-Юг» — О.С. Хачатурьян;
- 3 почетный гость выставки, член ВОЛЖД Р.А. Садретдинов (г. Москва);
- 4 одна из экспозиций выставки была посвящена памяти одного из ее основателей С.В. Ермоленко (1967 — 2012);
- 5 зрители могли наблюдать подвижной состав разных стран;
- 6 движение поездов на макете было организовано по расписанию по действующему макетному времени;
- 7 значительную часть выставки занимали модели отечественного подвижного состава в популярных типоразмерах;
- 8 тепловоз М62 следует по макету с грузовым составом.



# ПОЛУЧЕН СЕРТИФИКАТ НА СЕРИЙНЫЙ ВЫПУСК «ИВОЛГИ 3.0»

Тверской вагоностроительный завод (входит в состав АО «Трансмашхолдинг») получил сертификат соответствия требованиям, предъявляемым к безопасности пассажирских перевозок, на электропоезд постоянного тока ЭГЭ2Тв «Иволга 3.0». Сертификат дает право на серийный выпуск электропоезда новой модификации.

ЭГЭ2Тв — результат работы инженеров-конструкторов компании «ТМХ Инжиниринг» и работников Тверского вагоностроительного завода. Инновационный поезд создан для эксплуатации в условиях мегаполиса и его ближайших пригородов. Технические характеристики «Иволги 3.0» позволяют максимально эффективно использовать электропоезд на маршрутах с пассажиропотоком разной интенсивности.

«Иволга 3.0» — первый электропоезд с конструкционной скоростью 160 км/ч, который полностью спроектирован и изготовлен в нашей стране, состоит из комплектующих российского происхождения. В производстве новой «Иволги» задействовано более 380 компаний со всей России.

Новый продукт ТМХ — это уже третья модификация электропоезда, который эксплуатируется в России с 2017 г. Подвижной состав сохранил такие преимущества предыдущих версий, как широкие двери, отсутствие тамбуров, климат-контроль, система обеззараживания воздуха и др.

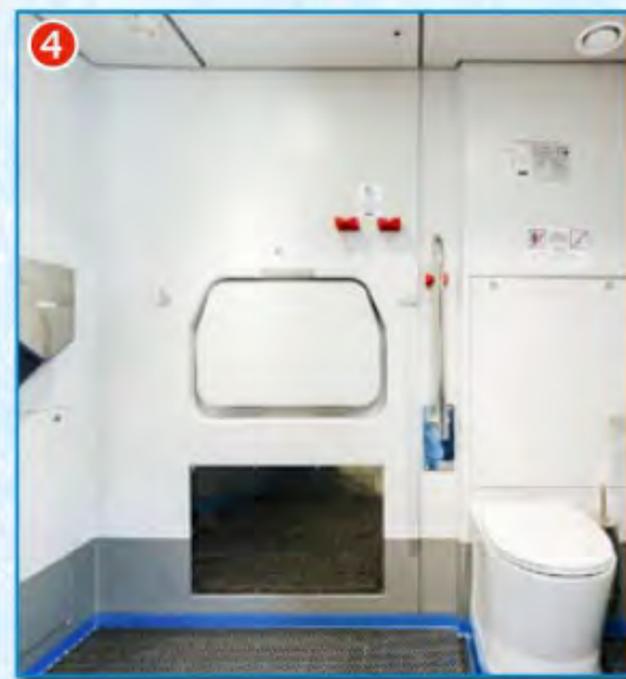
Вместе с этим ЭГЭ2Тв усовершенствован с учетом новых пожеланий пассажиров. Кресла для пассажиров приобрели новую форму; в каждом кресельном блоке установлены зарядки Type-A, Type-C и откидные подлокотники для каждого пассажира. Под столиком размещаются крючки для личных вещей. В головном вагоне имеются возможность для зарядки электросамокатов и места для велосипедов.

Благодаря высокому показателю ускорения ( $0,9 \text{ м/с}^2$ ) обеспечиваются быстрый разгон и торможение состава, сокращение времени прохождения маршрута с короткими перегонами и большим количеством остановок.

В 2021 г. Трансмашхолдинг стал победителем конкурса Центральной пригородной пассажирской компании (ЦППК) на закупку и обслуживание 95 электропоездов для третьего и четвертого направлений Московских центральных диаметров, которые сейчас находятся в процессе строительства.

Первые «Иволги 3.0» будут переданы ЦППК уже в текущем году. В настоящее время на первых двух диаметрах Москвы курсируют 39 электропоездов «Иволга» предыдущих модификаций.

*По материалам  
Дирекции по внешним связям  
и корпоративным коммуникациям  
АО «Трансмашхолдинг»*



- 1 Внешний вид электропоезда ЭГЭ2Тв «Иволга 3.0».
- 2 Интерьер салонов.
- 3 В головном вагоне предусмотрены места для велосипедов.
- 4 Туалетное помещение для лиц с ограниченными возможностями.

## В номере:

### Курсом инновационного развития

- Проблемы эксплуатации и ремонта продукции электротехнической промышленности в локомотивном комплексе..... 2
- СТМ-Сервис: современные технологии сервисного обслуживания ..... 5  
ЗЫКИН А.В., БОГАЧЁВА И.В.
- Анализ эффективности обслуживания локомотивов новых серий по договорам КЖЦ..... 7  
КОРАБЕЛЬНИКОВ Н.И., ЕРЦЕВ В.А., КОРНЕЕВ Н.М.

### Бережливое производство

- Бережливое производство — непрерывный поиск возможностей устранения потерь ..... 9  
МОРОЗКОВА Е.П.

### На контроле — безопасность движения

- Развитие системы менеджмента безопасности движения и качества в Дирекции тяги ..... 11  
ПАРНЮК С.М.
- Неразрушающий контроль на страже безопасности движения ..... 13  
ГЕРАСИМОВ М.Ю., РЫНДИНА В.Э.

### В помощь машинисту и ремонтнику

- Электрическая схема электровоза 2ЭС6 «Синара» (цветная схема — на вкладке) ..... 16  
ОСИНЦЕВ И.А.
- Как повысить ресурс изоляции обмоток тяговых электродвигателей локомотивов ..... 22  
КИСЕЛЕВ В.И., ИНСАПОВ Д.М., ФЕДЯНИН А.И., МОРОЗОВ В.О.
- Тяговое силовое оборудование электропоездов ЭС2Г «Ласточка» ..... 24  
ЛИМОНОВ Д.Э., ЖУХИН Н.О., ОБУХОВ В.П.
- Регулирование частоты вращения тяговых двигателей на постоянном токе: реостатный пуск ..... 30  
ЕРМИШКИН И.А.

### На научно-технические темы

- К вопросу оптимизации периодичности ремонтов оборудования тепловозов..... 33  
ГОРИН В.И.

### За рубежом

- Локомотивы Испании ..... 38  
ИЛЬИН Ю.Л.

### Странички истории

- ЧС7-241: белая ворона среди электровозов ЧС7 ..... 44  
УМАНЕЦ Д.М.
- Как спасали электровоз ГЭТ ..... 45  
КАШИН П.В.

На 1-й с. обложки: грузовой электровоз постоянного тока 2ЭС6 «Синара» с поездом на перегоне Шаля — Сарга Свердловской дороги. Фото Д.Д. КОЗЛОВА



Ежемесячный производственно-технический и научно-популярный журнал  
Издаётся с января 1957 г.

**№ 8 (788), август 2022 г.**

УЧРЕДИТЕЛЬ:

ОАО «Российские железные дороги»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

БЖИЦКИЙ В.Н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

ВАЛИНСКИЙ О.С.

ГАПАНОВИЧ В.А.

КИРЖНЕР Д.Л.

КОБЗЕВ С.А.

КОССОВ В.С.

МИХАЛЬЧУК Н.Л.

НАЗАРОВ О.Н.

ОСТУДИН В.А.

(зам. главного редактора)

ОСЯЕВ А.Т.

ПОПОВ Ю.И.

ЧАПЛИНСКИЙ С.И.

ШКОЛЬНИКОВ Е.Н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Ермишкин И.А. (Ожерелье)

Иоффе А.Г. (Москва)

Лимонов Д.Э. (Верхняя Пышма)

Орлов Ю.А. (Москва)

Осинцев И.А. (Тайга)

Удальцов А.Б. (Санкт-Петербург)

РЕДАКЦИЯ:

ЗАКУТНЫЙ Д.О. (редактор отдела)

КВАЧ В.В. (отдел допечатной подготовки)

МОЛЧАНОВ А.В. (ответственный секретарь)

СИВЕНКОВ Д.П. (компьютерный набор)

СТАРОСТИН С.С. (зам. редактора отдела)

КОНТАКТЫ:

Адрес редакции

107078, г. Москва,

ул. Новая Басманная, д. 4-Б, стр. 11

Тел: (499) 262-12-32;

(499) 262-30-59

www.lokom-info.ru; e-mail: info@lokom-info.ru

СПД ОАО «РЖД»: loko@cnti.org.rzd

Электронная версия:

[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=8816](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8816)

Подписано в печать 29.07.2022.

Офсетная печать. Усл.-печ. л. 5,62+1,3 вкл.

Усл. кр.-отт. 22,48+5,2 вкл.

Уч.-изд. л. 10,4+1,86 вкл. Формат 64×90/8.

Отпечатано в типографии ЗАО «Алгоритм+».

420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36.

Тел.: +7 (843) 521-5010 (доб. 407), 521-4967.

E-mail: npovti\_ot@mail.ru.

Тираж ??? экз. Заказ ????

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-21834 от 07.09.2005 г.

Подписка принимается в любом отделении связи «Почта России»: П5076 для физ. лиц, П5077 для юр. лиц. В каталоге «Газеты и журналы» агентства «Роспечать»: 71103 для физ. лиц, 73559 для юр. лиц. В каталоге АРЗИ «Пресса России»: 87716 для физ. лиц, 88043 для юр. лиц.

# ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПРОДУКЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЛОКОМОТИВНОМ КОМПЛЕКСЕ

Недавно в Проектно-конструкторском бюро локомотивного хозяйства - филиале ОАО «РЖД» (ПКБ ЦТ) состоялось заседание Президиума Академии электротехнических наук Российской Федерации. Академия объединяет в своем составе крупнейших ученых и специалистов в области электротехники, электроэнергетики, электроники и вычислительной техники. Среди разных тем, рассмотренных на заседании Президиума, были затронуты проблемы эксплуатации и ремонта, а также тенденции изменения качества отечественного электрооборудования и кабельно-проводниковой продукции на тяговом подвижном составе. С докладами на данную тематику выступили заместитель генерального директора по техническому развитию АО «Трансмашхолдинг» М.А. РОЖКОВ и директор ПКБ ЦТ Ю.И. ПОПОВ. Также на заседании были рассмотрены перспективы и основные тенденции создания цифровых двойников С.П. ХАЛЮТИНЫМ (ООО «Экспериментальная мастерская НаукаСофт»).



В Академией обозначены главные векторы рамках данного заседания перед развития современной отечественной электротехнической промышленности.

**Михаил Анатольевич Рожков**, возглавляя вектор технического развития крупнейшего российского производителя подвижного состава для железных дорог и городского транспорта, затронул следующие вопросы:

- обеспечение отечественными компонентами для тягового электрооборудования в условиях санкционных ограничений;
- разработка силовых компонентов выпрямительных установок тепловозов и силовых полупроводниковых приборов на карбиде кремния российского производства;
- повышение ресурса изоляции обмоток коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей;
- создание высоконадежного коммутационного и распределительного оборудования (контакторы, реле, быстродействующие выключатели).

Немаловажный вопрос цифровизации в производственном процессе отразил в своем докладе **Сергей Петрович Халютин**. Цифровизация, и в том числе применение цифровых двойников, бортовых электроэнергетических систем и систем обеспечения жизненного цикла - естественный объективный процесс совершенствования параллельно с повышением общего уровня электрификации.

Внедрение цифровых технологий создает предпосылки достижения нового облика бортового оборудования - интеллектуальных электроэнергетических комплексов.

Стоит учитывать базовые термины «цифровой двойник», «цифровой портрет» и «цифровой паспорт» при создании нового поколения электрооборудования в эпоху цифровой трансформации.

Цифровизация требует коренного пересмотра научно-технических и практических методов разработки и эксплуатации, а также уровня и специфики подготовки инженерно-технических кадров.

Разработка методологии создания цифровых двойников, портретов и паспортов - важные научно-практические задачи, учитывающие в себе целый ряд факторов. При этом особое внимание обращается на необходимость моделирования не только самого двойника, но и его внутренних процессов, а также процессов взаимодействия с внешней средой.

Свой доклад **Юрий Иванович Попов** начал с отражения возникающих проблем в эксплуатации на примере электровоза 2ЭС6, который является наиболее массовым грузовым локомотивом постоянного тока в парке ОАО «РЖД». Однако озвученные в докладе проблемы характерны для всего парка локомотивов ОАО «РЖД».

Лимитирующим надежностью электровозов 2ЭС6 (рис. 1) оборудованием являются преобразователь собственных нужд (7,0 %), мотор-компрессор (7,6 %), механическая часть (8,9 %), электроаппаратура (22,0 %), тяговый электродвигатель (25,4 %). При этом наибольшая доля отказов приходится именно на тяговый электродвигатель (ТЭД) и электроаппаратуру. По итогам

эксплуатации за 5 мес. 2022 г. на данную группу оборудования приходится ОКОЛО ПОЛОВИНЫ всех отказов.



Рис. 1. Оборудование, лимитирующее надежность электровоза 2ЭС6

Причинами большого количества отказов ТЭД послужили недостатки в его конструкции, а также некачественное сервисное обслуживание, которое усугубляется большим количеством применяемых типов ТЭД на электровозах данной серии. Наблюдаются однотипные неисправности на протяжении всего периода эксплуатации, и в основном они характеризуются снижением сопротивления с последующим пробоем изоляции якоря двигателя, пробоями изоляции системы возбуждения и неисправностями коллекторно-щеточного аппарата.

В части электроаппаратуры наиболее часто отказывают блоки пускотормозных резисторов производства ЗАО «Пензенский завод точных приборов», быстродействующий автоматический выключатель ВАБ-55-2500/30-Л-У2 производства АО «Урал электротяжмаш» (г. Екатеринбург), электропневматические контакторы типа ПК-21 ЭТ, ПК-32А ЭТ производства АО «НПО "Электромашина"» (г. Челябинск), электромагнитные контакторы СТ-1130 производства АО «Нальчикский завод высоковольтной аппаратуры».

Для исключения проблем в эксплуатации специалистами заводов-изготовителей, сервисных компаний, Дирекции тяги и ПКБ ЦТ ежегодно разрабатываются программы повышения надежности, отражающие в себе ряд организационных и технических мероприятий (применение токовой сушки, установка защиты на вентиляционные отверстия в зимний период, замена жестких выводов на гибкие, пропитка и пр.).

Подчеркнута роль нормативных требований, закрепляемых соответствующими документами, в обеспечении безотказной, безопасной работы как локомотива в целом, так и его составных частей. Ярким примером является кабельно-проводниковая продукция и ее тенденции развития как самой, так и нормативной базы, регламентирующей качество ее изготовления.

Кабельно-проводниковая продукция «старого поколения», ранее применявшаяся при ремонте и производстве тягового подвижного состава, имела в своей структуре изоляцию и оболочки из материалов, распространяющих горение, со сроком службы не более 15 лет для фиксированного монтажа и 6 - 8 лет при подсоединении к подвижным токоприемникам. Требования пожаробезопасности при групповой прокладке кабелей на данном этапе не были предусмотрены, что существенно повышало риск возникновения пожара. Это неумолимо подтверждает статистика (рис. 2): основную причину возникновения пожаров на подвижном составе составляла кабельно-проводниковая продукция (50 % - электровозы и 46 % - тепловозы).



Рис. 2. Влияние изменений требований нормативной документации на сокращение числа возгораний тягового подвижного состава

Выявленная систематика не позволяла отлагательств и требовала скорейшего изменения ситуации. Для установления единой технической политики был разработан, утвержден и введен в действие ряд нормативных документов:

- в соответствии с требованиями Федерального закона от 22.07.2008 № ФЗ-123 разработаны и утверждены 06.03.2009 «Технические требования к кабельной продукции для нового поколения подвижного состава Российских железных дорог», в которых были учтены условия эксплуатации,

современный уровень пожарной безопасности и установленные сроки службы тягового подвижного состава;

- распоряжением ОАО «РЖД» в 2010 г. было принято решение о переходе на современные марки кабельно-проводниковой продукции;

- для развития и совершенствования технических требований к кабельной продукции для подвижного состава в 2010 - 2011 гг. был разработан ГОСТ Р 54965-2012 «Кабели и провода для подвижного состава железнодорожного транспорта. Общие технические условия» (за основу были взяты вышеуказанные технические требования и технические условия в зависимости от параметров эксплуатации и мест прокладки кабельно-проводниковой продукции);

- для повышения надежности технических средств и снижения технологических нарушений перевозочного процесса был разработан и утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 10.01.2019 № 17/р документ «Изоляционные материалы для обмоток тяговых электрических машин. Основные технические требования».

Результатом работ в данном направлении стал утвержденный в 2015 г. приказом Росстандарта от 10.09.2015 № 1322-ст и введенный межгосударственный стандарт ГОСТ 33326-2015 «Кабели и провода для подвижного состава железнодорожного транспорта. Общие технические требования». Успешность выбранного направления деятельности подчеркивает снижение числа пожаров по причине кабельно-проводниковой продукции до 27 % на электровозах и 16 % на тепловозах.

Кабельно-проводниковая продукция «нового поколения» имеет существенные преимущества относительно ситуации 2008 г., а именно:

-> увеличение срока службы;

-> повышение диапазона рабочих температур на жиле высоковольтных проводов и кабелей (от -60 до +155 °С);

-> обеспечение стойкости к вибрации и многократным ударам с учетом требований ГОСТ 17516.1-90 для группы М27 и ГОСТ 16962.2-90 и отдельных изделий к изгибам с одновременным закручиванием при температуре -50 °С;

-> достижение требуемого уровня стойкости к маслам и дизельному топливу;

-> реализация озоностойкости и стойкости к воздействию солнечной радиации;

-> повышение пожарной безопасности при эксплуатации в части нераспространения горения при прокладке в пучках;

-> соблюдение требований по дымогазовыделению при горении и тлении, что, в свою очередь, способствует безопасной эвакуации людей и локализации и тушения пожара путем сохранения видимости;

-> достижение требований по огнестойкости (работоспособность в пламени 90 мин при температуре 750 °С для систем пожаротушения и пожарной сигнализации, системы оповещения, системы открывания и закрывания дверей, т.е. в системах, которые должны сохранять работоспособность в условиях начала пожара для эвакуации людей).

В настоящий момент выявляются случаи применения производителями локомотивов и их комплектующих продукции, технические условия на которую не прошли согласование с непосредственным потребителем (ОАО «РЖД»), а также невыполнения периодических испытаний, необходимых для контроля и подтверждения заявленных параметров качества продукции.

Данная ситуация приводит впоследствии к возникновению отказов локомотива по причине несоответствия продукции требованиям:

-> стойкости к отрицательной температуре;

-> стойкости к повышенной температуре окружающей среды как при отсутствии токовой нагрузки, так и при номинальной токовой нагрузке;

-> диапазона рабочих температур на жиле высоковольтных проводов и кабелей;

-> стойкости к изгибам с одновременным закручиванием при низких температурах и прочим требованиям.

Например, результаты проведения лабораторных исследований проводов катушек компенсационной обмотки тяговых двигателей СТК-810 У1, ЭДП-810 У1 показали, что относительное удлинение не соответствует меди ПММ по ГОСТ 434-78 и составляет от 13,7 до 32,7 % при норме не менее 35 %. Исследования образцов на определение содержания кислорода (по ГОСТ 859-2014) металлографическим методом показали, что новые провода имеют мелкозернистую структуру, а провода, снятые с ТЭД, - крупнозернистую, содержание кислорода в которых не соответствует ГОСТ 859-2014. Все указанные факты влекут за собой дополнительные финансовые издержки Холдинга и непосредственно накладывают отпечаток на имидж Компании в целом.

Отмечено также несоответствие жизненных циклов конечного оборудования, в том числе кабельно-проводниковой продукции и локомотива в целом. Срок службы электротехнического оборудования локомотива устанавливается непосредственно разработчиком на стадии проектирования и отражен в технических условиях на данное оборудование или в технических условиях на локомотив. Техническими требованиями на локомотивы «старых» серий

установлено требование к сроку службы электрического монтажа и изоляции - не ранее наступления капитального ремонта локомотива. Данную картину можно наблюдать как на тепловозном парке ОАО «РЖД» (рис. 3), так и на электровозном (рис. 4).

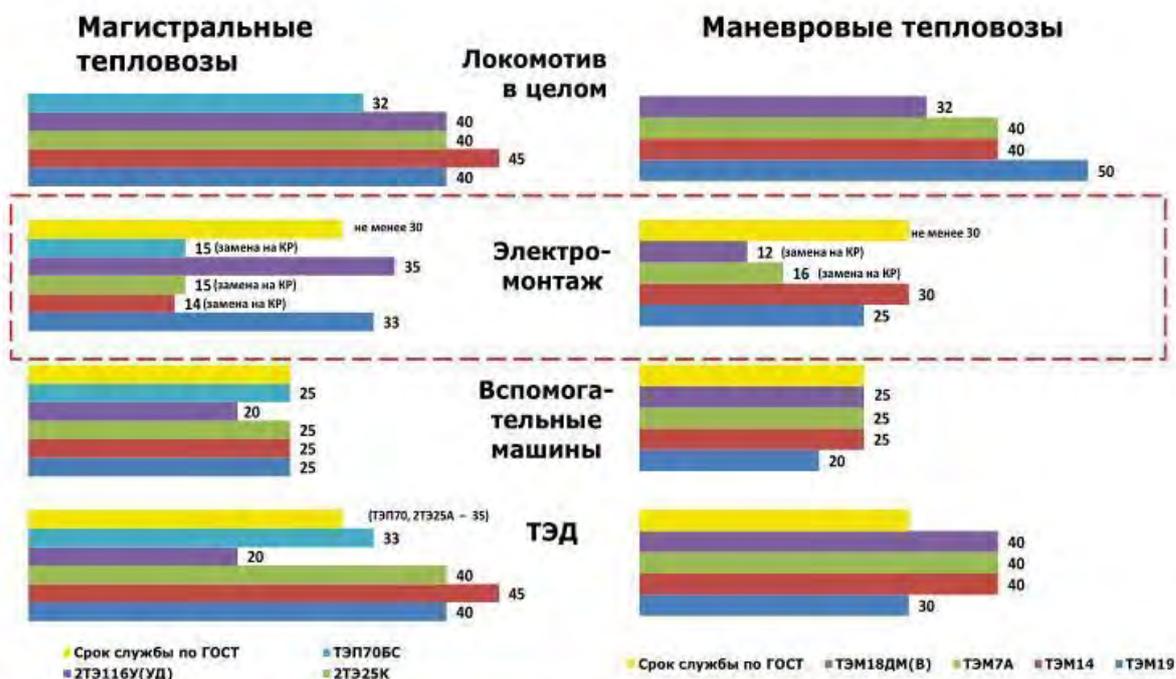


Рис. 3. Сроки службы тепловозов и их комплектующего оборудования

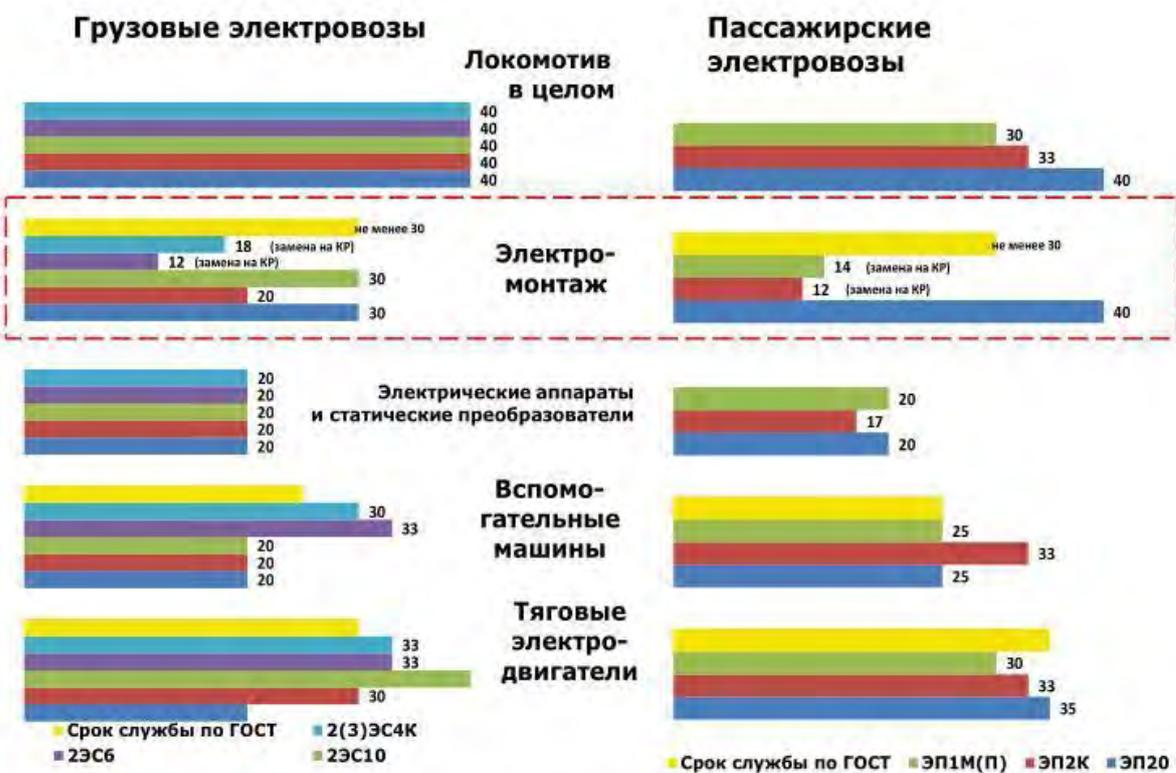


Рис. 4. Сроки службы электровозов и их комплектующего оборудования

Однако имеются примеры положительного развития кабельно-проводниковой индустрии, которые позволили фактически снять ограничение для локомотивов новых серий и достигнуть срока службы в 20 и более лет. Наличие ограничения эксплуатации по установленному в конструкторской документации «назначенному сроку службы» как локомотива, так и отдельно взятых комплектующих, а также изменение идеологии, применяемой при проектировании тягового подвижного состава в части перехода на обслуживание и ремонт по контрактам жизненного цикла, невольно приводит к формированию концепции «Принятия решения».

Данная концепция (рис. 5) предполагает, что при достижении локомотивом определенного пробега (например, соответствующего проведению капитального ремонта), владельцем принимается решение о варианте дальнейшего его использования.

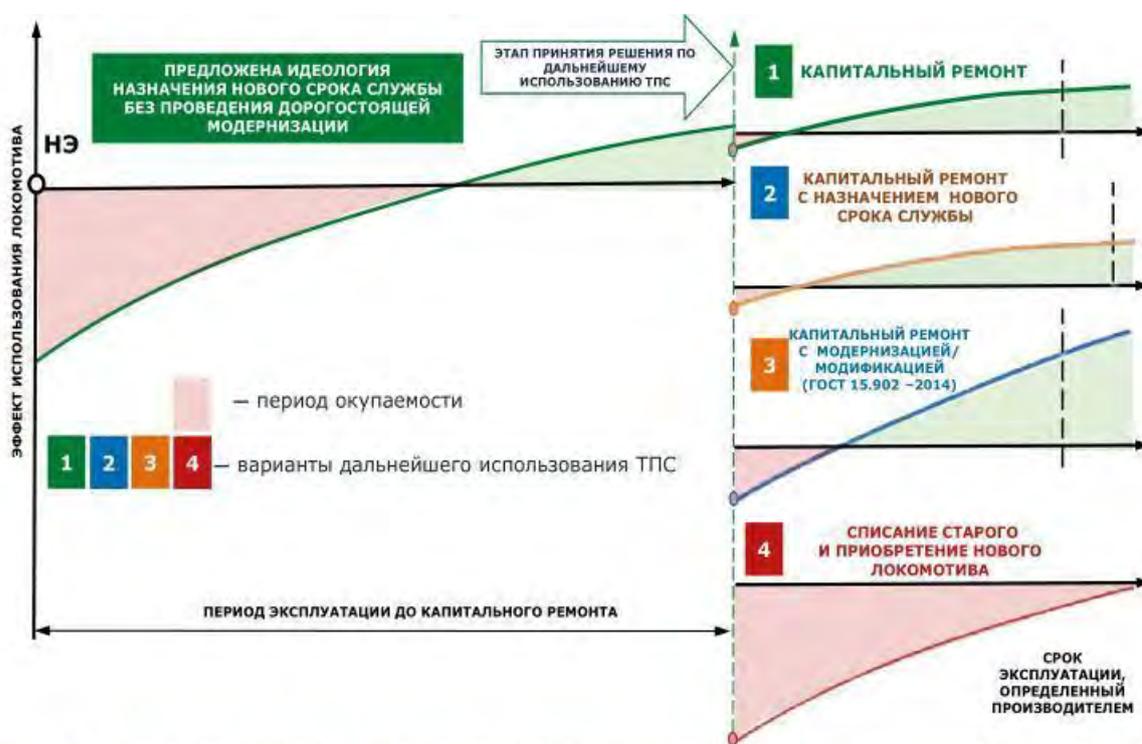


Рис. 5. Снижение стоимости жизненного цикла локомотивов за счет применения базовой платформы

Вариант 1. Капитальный ремонт (предполагает проведение ремонтных работ с восстановлением ресурса в соответствии с разработанной ремонтной документацией). При таком варианте владелец локомотива несет низкие затраты при отсутствии условия повышения эффективности использования подвижного состава.

Вариант 2. Капитальный ремонт с продлением срока службы (предполагает выполнение ремонтных работ с восстановлением ресурса локомотива и его узлов, а также проведение дополнительных испытаний и исследований с целью оценки возможности установления нового «назначенного срока

службы»). В этом случае собственник локомотива несет средние затраты при условии увеличения срока его эксплуатации.

Вариант 3. Капитальный ремонт с модернизацией (предполагает проведение ремонтных работ с восстановлением ресурса локомотива и его составных частей, а также внесение изменений в конструкцию в соответствии с разработанным проектом модернизации). Здесь владелец локомотива понесет средние затраты при условии ограниченного повышения эффективности использования подвижного состава.

Вариант 4. Списание локомотива, не достигшего «назначенного срока службы», и приобретение нового. Этот вариант подразумевает высокие затраты при условии замены старого парка локомотивов на инновационный.

Основной задачей данной концепции является обеспечение безотказной работы локомотива на протяжении его эксплуатации до этапа утилизации.

Останавливаться на достигнутом не следует, так как в настоящее время существуют дополнительные проблемы, которые требуют проведения исследований. Среди них отмечено повышение надежности для обеспечения безотказной эксплуатации локомотивов, стойкость к внешним агрессивным средам эксплуатации, совершенствование изоляционных и токопроводящих материалов в части снижения массогабаритных размеров и повышения гибкости изделий при сохранении и в дальнейшем повышении показателей надежности.

При этом стоит также отметить наметившиеся тенденции для дальнейшего развития применения электроизоляционных материалов:

- > применение отечественных компонентов (импортозамещение);
- > повышение класса нагревостойкости изоляции;
- > усиление теплопроводности изоляции;
- > повышение механической прочности изоляции;
- > улучшение вибростойкости изоляции;
- > уменьшение токов утечки при высоких температурах.

Наряду с этим, в сложившейся геополитической обстановке приходится сталкиваться с новыми вызовами и необходимостью в кратчайшие сроки осуществить импортозамещение целого ряда электротехнической продукции.

На сегодняшний день заместителем генерального директора - начальником Дирекции тяги ОАО «РЖД» О.С. Валинским утвержден «Временный порядок допуска комплектующих альтернативных поставщиков и внесения изменений в конструкторскую документацию на локомотивы», в

соответствии с которым только для комплектующих альтернативных поставщиков упрощаются процедура постановки их на производство с последующим внесением изменений в конструкторскую документацию локомотива и непосредственно допуск на инфраструктуру ОАО «РЖД», не нарушая при этом действующих требований нормативной документации (ТР ТС 001/2011, ГОСТ 15.902-2014 и Правила допуска № 130р с изменениями от 04.07.2022 г.).

Утвержденный Порядок применяется при взаимоотношениях ОАО «РЖД» (как владельца инфраструктуры) с юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, являющимися разработчиками, изготовителями, а также иными организациями, производящими работы или оказывающими услуги, включающие в себя следующие функции:

- \* разработку конструкторской документации (эксплуатационной и ремонтной);
- \* ввод в эксплуатацию на инфраструктуре ОАО «РЖД» вновь разработанного, вновь изготовленного при организации производства, ранее освоенного на других предприятиях, модернизированного (в том числе с продлением срока службы), модифицированного и после внесения изменений в конструкцию локомотива, изготовленного по конструкторской документации с литерой не ниже «О 1 »;
- \* поставку комплектующих альтернативных производителей.

Выполнение поставленных задач позволит в обозримом будущем значительно повысить надежность тягового подвижного состава.

# СТМ-СЕРВИС: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

**А.В. ЗЫКИН**, директор по работе с персоналом и административным вопросам, ООО «СТМ-Сервис»,

**И.В. БОГАЧЁВА**, специалист, ООО «СТМ-Сервис»

Развитию потенциала молодых специалистов в локомотивосервисной компании ООО «СТМ-Сервис» уделяют пристальное внимание, ведь в основе эффективного функционирования локомотивного хозяйства заложены новаторские проекты и современные принципы технологий обслуживания.

Ежегодная Молодежная научно-практическая конференция «Инновационное развитие технологии сервисного обслуживания ООО "СТМ-Сервис"» является отправной точкой к реализации проектов молодых специалистов на производстве. В нынешнем году состоялась уже VII Молодежная научно-практическая конференция (МНПК), в которой приняли участие 66 сотрудников компании, в том числе и 11 студентов. География участников разнообразна - Москва, Екатеринбург, Орск, Омск, Новосибирск, Тайга, Кинель, Ярославль, Бекасово, Курган, Челябинск, Пенза, Бугульма, Орехово, Артемовский, Оренбург, Самара, Ульяновск, Рыбное и находящиеся в различных городах профильные учебные заведения.

В нынешнем году на МНПК ООО «СТМ-Сервис» финалистами стали 24 сотрудника, которым теперь предстоит пройти обучение в корпоративной «Летней школе» Учебного центра, а после отправиться на международный форум «Горизонты». Напомним, «Горизонты» - общекорпоративное мероприятие Трубной металлургической компании (ТМК) и Группы Синара, которое ежегодно проводится в г. Сочи. В этом форуме участвуют молодые работники из разных стран, представляющие все дивизионы и ключевые направления деятельности компаний.

В рамках трех дней работы конференции участники представили к защите 69 инновационных новаторских проектов в семи секциях:

- > совершенствование и автоматизация производственных, технологических и бизнес-процессов;
- > технологии сервисного обслуживания;
- > модернизация и развитие новых продуктов в машиностроении;
- > ресурсосбережение, экология и безопасность;
- > управление персоналом;

-> бережливое производство;

-> цифровые инновации.

Так, по итогам общекомандного зачета, исходя из количества призовых мест, лидерами конференции стали представители центрального аппарата, второе место - у Западно- Сибирского управления сервиса (ЗСУС) и на третьем - Московское управление сервиса (МУС).

Заместитель начальника управления надежности центрального аппарата ООО «СТМ-Сервис» А.Г. Русаков представил проект «Цифровая трансформация процесса регистрации и хранения данных о результатах замеров геометрических параметров бандажей колесной пары локомотива».

Свое видение по модернизации технологии сушки тяговых двигателей представил на конференции ведущий инженер по топливно-энергетическим ресурсам сервисного локомотивного депо Инская С.С. Францев.

Студентка профильного вуза, факультета экономики и управления УрГУПС Т.О. Кугаевская представила к защите проект, направленный на цифровую адаптацию молодых сотрудников в компании ООО «СТМ-Сервис».

Генеральный директор компании О.Е. Зайцев подчеркнул, что из года в год проекты участников становятся только лучше и конкурентоспособнее, в том числе и для того, чтобы побороться за главный приз на международном форуме «Горизонты».

Многие сотрудники выступали на МНПК не впервые и уже ранее пробовали свои силы, но есть и те, для кого нынешняя конференция - дебют. Как например - электромеханик Е.В. Палей из СЛД Зауралье, который поделился своими впечатлениями в первый день конференции:

- МНПК - отличный инструмент для внедрения на предприятии новых идей, которые направлены на улучшение производственных процессов. Хотелось бы отметить и большую подготовительную работу в преддверии финальной защиты проектов в рамках "Проектного офиса". В финал вышли действительно лучшие из лучших!

Высокий организационный уровень отметили все участники мероприятия. Известно, что компания ООО «СТМ-Сервис» принимает участие в форуме «Горизонты» с 2016 г. и всегда идет по нарастающей. В этом году участники уверенно повторяют успех прошлого года, а некоторые даже удваивают результат.

Все три конкурсных дня для участников МНПК стали максимально насыщенными и продуктивными. Программа выступлений на секциях была дополнена тренингами и мастер-классами, а также творческими конкурсами

в социальных сетях компании, где были разыграны брендированные подарки и даже сертификат на покупку ценного подарка.

Победителями и призерами МНПК-2022 стали: Н.Г. Сысоева, Т.О. Кугаевская, Р.Р. Хажиматов, А.Л. Бурачевский, А.Г. Русаков, С.А. Курочкин, Д.А. Свирщевский, И.В. Стеблян, Ю.Э. Кулакова, М.В. Чубинская, В.О. Косогов, К.А. Маханов, О.А. Лихоманова, Д.А. Наливкин, С.О. Сорокина, Н.Ю. Черношвец, Е.Ю. Молодецкая, Е.А. Русских, В.А. Перов, С.С. Францев, О.В. Никифоров, Д.А. Апанасов, А.А. Морозов и Е.И. Савенков.

Финалист конкурса, ведущий инженер управления инфраструктуры и хозяйственной деятельности центрального аппарата ООО «СТМ-Сервис» Е.А. Русских рассказала, что МНПК - площадка для обмена опытом с возможностью реализации своего потенциала. Важно и то, что руководство компании поддерживает большинство проектов вне зависимости от конкурсных мест. На ее взгляд, все участники - уже победители, ведь идеи молодых специалистов заметили, а это значит, что главная цель выполнена и есть возможность внедрить свои проекты на производстве.

Председатели секций и члены жюри также отметили высокий уровень подготовки участников, актуальность и новаторство докладов, отметив, что главной задачей экспертов было дать всем участникам обратную связь и вовлечь их в дальнейшее взаимодействие.

За шесть лет проведения производственной конференции ООО «СТМ-Сервис» было подготовлено 363 доклада, призерами стали 84 сотрудника, 27 из которых - финалисты международного форума. На сегодняшний день большинство инновационных идей МНПК внедрены на производстве, а проекты-победители форума «Горизонты» становятся потенциальными претендентами для тиражирования не только внутри компании по депо, но и в целом по Группе Синара.

Таким образом, профессиональное содружество производителей техники, оборудования и специалистов в области технической эксплуатации выходит на совершенно новый уровень - открываются принципиально новые возможности развития. В своей повседневной работе специалисты, занимающиеся технической эксплуатацией, постоянно контактируют со специалистами производства, что многократно расширяет границы профессионального содружества.

Необходимо отметить, что международный форум «Горизонты» проходит в течение семи дней на берегу Черного моря. Мероприятие максимально насыщено событиями: защита инновационных проектов перед топ-менеджментом корпораций, киберучения, фестиваль команд КВН, турнир по мини-футболу, встречи с топ-менеджерами, выступления уникальных спикеров, тренинги по развитию soft skills, а также творческие и спортивные мастер-классы.

Центральное событие форума - Молодежная научно-практическая конференция. МНПК - это более 20 тематических направлений-треков ТМК и Группы Синара, в которых молодые люди с разных предприятий представляют свои проекты, направленные на совершенствование существующих технологий и бизнес-процессов. На форуме представлен заключительный этап МНПК, которому предшествует отбор на научно-практических конференциях, проводимых на производственных площадках. Это отличная возможность заявить о себе, высказать свои идеи и подняться на новый уровень карьерного и личностного роста. Также в рамках МНПК проходят общекорпоративные конкурсы, например, «Лучший молодой мастер ТМК» и «Лучший молодой мастер Группы Синара», которые направлены на выявление и развитие молодых лидеров среди линейных управленцев.

С 2018 г. «Горизонты» стали еще и профориентационной площадкой - помимо молодых сотрудников ТМК и Группы Синара в конференции стали участвовать студенты Уральского Федерального университета им. Б.Н. Ельцина, а также региональных вузов-партнеров. Они проходят конкурсный отбор и готовят свои проекты под кураторством экспертов компаний.

«Горизонты» - это площадка для рождения новых проектов, мощный импульс, задающий темп для развития всей компании. Экономический эффект от внедренных проектов ежегодно приносит более 1 млрд руб.

Уникальность Форума в том, что он проводится в гибридном формате - все основные мероприятия транслируются онлайн в корпоративном мобильном приложении Mobi2U, все сотрудники компаний могут наблюдать за событиями форума, находясь в любой точке мира.

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛОКОМОТИВОВ НОВЫХ СЕРИЙ ПО ДОГОВОРАМ КЖЦ

**В данной статье проведен анализ эксплуатации локомотивов, приобретенных по контракту с обязательством сервисного обслуживания в период жизненного цикла.**

**Н.И. КОРАБЕЛЬНИКОВ**, главный конструктор проекта,

**В.А. ЕРЦЕВ**, ведущий инженер,

**Н.М. КОРНЕЕВ**, инженер I категории, Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства - филиал ОАО «РЖД»

Мировая практика взаимодействия между изготовителем и потребителем насчитывает множество примеров, когда совместные усилия приносят пользу каждой стороне. Стратегия ведения бизнеса «Win-Win», когда изначально обе стороны настроены на созидательный и взаимовыгодный союз, обещающий реальные перспективы, от которых в выигрыше остаются все, с каждым днем становится все популярнее.

Заключение дополнительных договорных отношений позволяет непосредственному пользователю получать гарантии качества приобретаемой продукции, что позволяет повысить эффективность ее использования. Выгода же для поставщика заключается в непосредственном финансовом приобретении от оказания услуг сервисного характера, а также повышения своего репутационного уровня, играющего немаловажную роль для будущих контрактов. Характерным примером из нашей повседневной жизни является автомобильный бизнес, когда представитель автоконцерна предоставляет расширенные условия гарантии в случае прохождения сервисного обслуживания непосредственно у официального дилера.

А можно ли получить пожизненную гарантию? Можно, заключив так называемый «Контракт жизненного цикла» (КЖЦ). Перенимая и адаптируя лучший мировой опыт, компанией ОАО «РЖД» с конца 2017 г. внедрена практика приобретения нового тягового подвижного состава в соответствии с Контрактом поставки локомотива с обязательством обеспечения сервисного обслуживания в период жизненного цикла.

Данный контракт является тем юридическим документом, который регламентирует взаимодействие ОАО «РЖД» с машиностроительными холдингами (компаниями), и в соответствии с которым на его исполнителя ложится ответственность не только по поставке новой техники, но и по дальнейшему плановому обслуживанию и ремонту, до момента ее списания. При этом изложенные в КЖЦ принципы взаимодействия сторон допускают возможность делегирования Исполнителем обязательств по обслуживанию

локомотивов сторонним организациям (сервисным компаниям), но бремя ответственности по выполнению условий контракта сохраняется за поставщиком.

Кроме того, мировой опыт железнодорожных компаний свидетельствует о том, что основную ответственность за техническое состояние, техническое обслуживание и ремонт локомотивов в течение его жизненного цикла должен нести изготовитель. Крупнейшие железнодорожные компании мира передают для этих целей тяговый подвижной состав производителю. По такой схеме работают GE Transportation, Alstom, Siemens, Bombardier и другие. Зарубежные коллеги понимают, что при таком подходе у производителя появляются дополнительные стимулы по осуществлению инвестиций в совершенствование конструкции, повышение эффективности локомотива, поставке необходимого технологического оборудования и оригинальных запасных частей [1].

С момента появления локомотивов, поставленных по КЖЦ, прошло более четырех лет, что свидетельствует о достаточной наработке для оценки их эффективности. За основополагающий критерий примем динамику изменения комплексного показателя надежности - коэффициента технической готовности локомотива (далее КТГ).

Данный коэффициент является отношением математического ожидания суммарного времени пребывания электровоза в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания электровоза в работоспособном состоянии и простое, обусловленному техническим обслуживанием и ремонтом за этот же период [2]. Упрощая для понимания, можно сопоставить данный показатель с процентным эквивалентом времени эксплуатации локомотива, в котором он не находился ни на плановом, ни на неплановом обслуживании и не ожидал их.

Результаты анализа эксплуатации локомотивов по различным договорам с 2016 г. по настоящее время представлены на рис. 1.

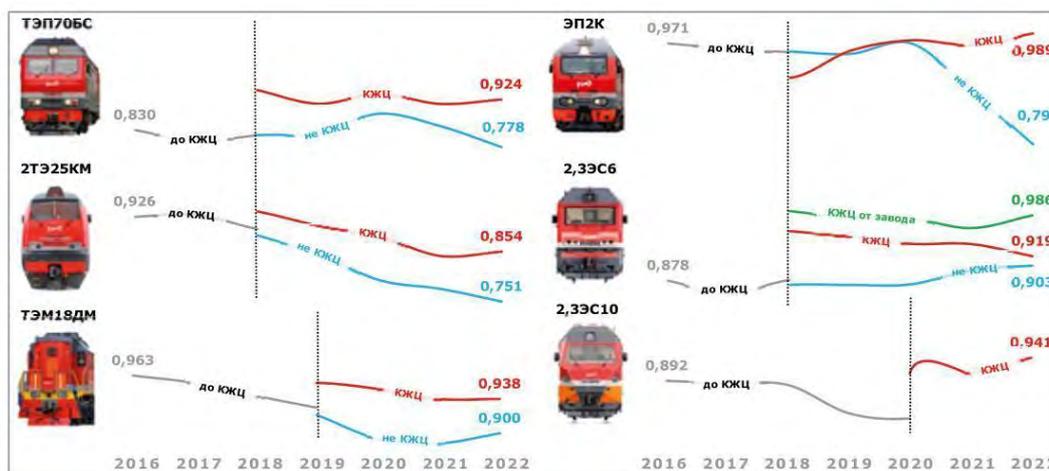


Рис. 1. Динамика изменения КТГ

Как видно из рисунка, наилучшие показатели надежности были достигнуты именно на локомотивах, поставленных по КЖЦ. Наибольших успехов удалось достичь по сериям ЭП2К, 2(3)ЭС10, ТЭП70БС, где с внедрением практики расширенных договорных обязательств поставщика повысился общий уровень готовности эксплуатируемых машин.

Стоит отметить, что хотя с введением КЖЦ и удалось повысить общий уровень готовности локомотивов, достигать показателей, заявленных производителем в технических условиях, удается далеко не всегда. Отсутствие ожидаемого ОАО «РЖД» «идеального эффекта» при типовом контракте КЖЦ, при котором поставщик делегирует свои обязательства по производству и обслуживанию локомотива, может быть обусловлено недостаточным взаимодействием завода-изготовителя и сервисной компании, что выражается:

- в длительном решении организационных и логистических вопросов при поставке комплектующего оборудования;
- частичной или полной необеспеченности необходимой конструкторской и технологической документацией при обслуживании и ремонте, что провоцирует нарушение технологических процессов.

Стабильно высокий Ктг за весь период эксплуатации удается достигать лишь на парке 2ЭС6, поставленном в ОАО «РЖД» по КЖЦ и обслуживаемом силами завода-изготовителя. Обусловлено это тем, что завод-изготовитель заинтересован в том, чтобы показать зависимость надежности локомотива от качества выполненного им обслуживания.

Как же понять, какой из вариантов поставки локомотивов наиболее предпочтителен? Воспользуемся методом «взвешенных критериев». Данный метод позволяет провести оценку существующих альтернатив путем формирования перечня наиболее значимых критериев, с оценкой каждого из них по степени важности. В ходе анализа нами были выбраны следующие критерии:

- > качество обслуживания и ремонта. Данный критерий отражается на надежности локомотивов и влияет на безопасность, поэтому имеет наибольшую важность;
- > стоимость сервисного обслуживания. Влияет на рентабельность того или иного договора. Очевидно, что качественного обслуживания и ремонта невозможно добиться без соответствующей оплаты. Но если стоимость обслуживания будет слишком высокой, целесообразность такого обслуживания будет под вопросом;

-> уровень организации логистики запасных частей и материалов. Определяет наличие переходного запаса и возможность оперативной замены неисправного узла на месте проведения ремонта;

-> степень вовлеченности контрагентов в жизненном цикле локомотива. Параметр, определяющий то, на сколько участники договора заинтересованы в наибольшей эффективности локомотивов в эксплуатации. Сюда можно отнести качество рекламационной работы и стремление к формированию технических и организационных мероприятий, направленных на обеспечение перевозочного процесса.

Результатом оценки вариантов поставки локомотивов по выбранным критериям является таблица на рис. 2.

Критерий	Важность критерия	Вариант поставки локомотивов					
		не КЖЦ		КЖЦ с обслуживанием от сервисной компании		КЖЦ от завода-изготовителя	
		Оценка варианта	Общий балл	Оценка варианта	Общий балл	Оценка варианта	Общий балл
Качество обслуживания и ремонта	5	1	5	3	15	5	25
Стоимость сервисного обслуживания	4	5	20	3	12	2	8
Уровень организации логистики запасных частей и материалов	3	5	15	5	15	2	6
Степень вовлеченности контрагентов в жизненном цикле локомотива	2	1	2	3	6	5	10
<b>ИТОГ</b>			<b>42</b>		<b>48</b>		<b>49</b>

Рис. 2. Сравнение вариантов поставки локомотивов методом взвешенных критериев

Как видно из сравнения, наименее предпочтительным вариантом, набравшим в общей сумме 42 балла, является вариант приобретения локомотивов по типовому договору поставки с последующим заключением договора сервисного обслуживания со сторонней организацией. Несмотря на то, что стоимость сервисного обслуживания в данном варианте наиболее привлекательна, вовлеченность контрагентов в жизненном цикле локомотива находится на низком уровне. Также низкая стоимость обслуживания сказывается на качестве обслуживания и ремонта, что ведет к снижению надежности локомотивов и финансовым потерям ОАО «РЖД».

Приоритетным же вектором развития обслуживания эксплуатируемых локомотивов, набравшим 49 баллов, является обслуживание непосредственно от завода-изготовителя. При этом варианте мы получаем максимальное качество обслуживания и ремонта и, как следствие, высокую надежность и безопасность. Однако стоит отметить, что на сегодняшний день высокий уровень дофинансирования отечественных ремонтных площадей с целью проведения тяжелых видов обслуживания вынуждает завод-изготовитель проводить ремонт отдельным узлам на ранее освоенных площадках, что приводит к дополнительным логистическим сложностям.

Подводя итоги изложенного, следует отметить, что техническое состояние подвижного состава является синергией множества факторов, включающих в себя не только применяемые конструктивные решения и технологию их реализации, но и качество обслуживания подвижной единицы, а также заинтересованность участников процесса в получении общей выгоды. Ответом на вопрос об окончательном выборе того или иного варианта поставки локомотивов является технико-экономическое обоснование, при расчете которого стоимость владения изделием за период всего жизненного цикла не должна превышать прибыль от его непосредственного использования.

# БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО - НЕПРЕРЫВНЫЙ ПОИСК ВОЗМОЖНОСТЕЙ УСТРАНЕНИЯ ПОТЕРЬ

**Е.П. МОРОЗКОВА**, ведущий инженер отдела новой техники Технической службы Дирекции тяги - филиала ОАО «РЖД»

По итогам работы за первое полугодие проектного 2022 г.(\*) благодаря реализации проектов бережливого производства в Дирекции тяги достигнут подтвержденный экономический эффект в размере 377,1 млн руб. Это составляет 114 % от плана полугодия и 75 % от выполнения годового плана проектной деятельности на 2022 г. (план 500,528 млн руб., утвержденный главным инженером ОАО «РЖД» А.М. Храмцовым от 22.11.2021 № 1916) по Дирекции тяги.

*(\*) отчетный период по реализации проектов смещен на квартал назад от календарного (с 1 октября по 30 декабря) и отчетность по проектам складывается с IV квартала 2021г. по III квартал 2022 г. нарастающим итогом.*

Наибольший вклад в достижение экономического эффекта в первом полугодии внесли региональные дирекции тяги: Дальневосточная, Куйбышевская, Московская, Забайкальская, Приволжская. По итогам первого полугодия 2022 г. реализовано 85 проектов бережливого производства, направленных на снижение потерь и улучшение технологии производства работ. Основным экономическим эффектом при реализации проектов бережливого производства Дирекция тяги получает путем сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов, снижения подготовительно-заключительного и накладного времени локомотивных бригад, оптимизации использования бюджета времени локомотивов.

В целях распространения успешного опыта в Дирекции тяги на постоянной основе организована работа по тиражированию проектов бережливого производства, содержащих апробированные технологические или организационные решения.

Наибольшую долю тиражированных проектов составляет основной процесс Дирекции тяги - предоставление тяговых ресурсов (59 %). При этом основными технологическими решениями тиражирования являются следующие направления:

- > увеличение плеча обслуживания локомотивных бригад;
- > вождение поездов повышенной массы и длины;

-> перенос места пробы тормозов на участке движения.

На втором месте по улучшенным процессам является процесс организации труда и отдыха локомотивных бригад (24 %), направленный в большинстве случаев на сокращение подготовительно-заключительного времени работы локомотивных бригад и сокращение или минимизацию непроизводительных потерь.

Одним из успешно реализованных в 2022 г. проектов является проект Октябрьской дирекции тяги **«Изменение технологии подачи локомотивов и локомотивных бригад на станцию Дача Долгорукова под поезда № 713/714».**

Целью проекта явилось снижение резервного пробега и расхода электроэнергии локомотивов путем изменения технологии подачи локомотивов и локомотивных бригад со станции Санкт-Петербург- Главный на станцию Дача Долгорукова и обратно.

Пересмотренная технология включает в себя исключение следования резервом при подготовке к работе - вместо этого локомотивная бригада следует на станцию пассажиром, после чего принимает локомотив без дополнительного простоя. Время на выполнение технологических операций по приемке локомотива и маневровым передвижениям после прибытия на станцию сокращено на 1 ч 11 мин. Таким образом, после изменения технологии, подготовительно-заключительное время сократилось на 2 ч и 1 мин, явка локомотивной бригады смещена на такое же количество времени без дополнительных потерь:

- экономия расхода электроэнергии составляет 175930 кВт·ч;
- резервный пробег уменьшился на 2336,4 лок·км;
- экономический эффект проекта составил 1789,35 тыс. руб.

На рис. 1 представлена технология подачи локомотивов и локомотивных бригад до и после реализации проекта.

## Проект 2022 г. «Изменение технологии подачи локомотивов и локомотивных бригад на станцию Дача Долгорукова под поезда № 713/714»

### Цель проекта

- Снижение резервного пробега, снижение расхода электроэнергии на 10 %

### Выявленные потери

Расход электроэнергии на следование от станции Дача Долгорукова до станции Санкт-Петербург-Главный и обратно

### Суть проекта

Сокращение расхода электроэнергии и исключение резервного пробега за счет изменения места приемки локомотива и уменьшения подготовительно-заклучительного времени

### Технологический эффект

Экономия расхода электроэнергии более 175 930 кВт·ч  
Снижение резервного пробега на 2336,4 лкм

### ДО реализации проекта



### ПОСЛЕ реализации проекта

**1789,4** экономия от проекта, тыс. руб.

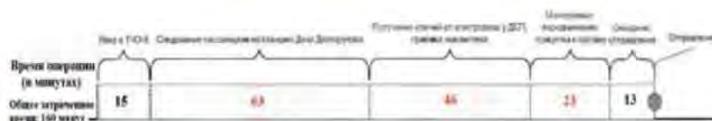


Рис. 1. Проект «Изменение технологии подачи локомотивов и локомотивных бригад на станцию Дача Долгорукова под поезда № 713/714»

Другой экономически эффективный проект «Пересмотр технологии обслуживания участка Мариинск - Инская - Мариинск за счет отключения бустерной секции локомотива серии 2ЭС6Б» реализован Западно-Сибирской дирекцией тяги. Целью проекта явилось сокращение расхода топливно-энергетических ресурсов секции электровоза серии 2ЭС6Б не менее чем на 15 % от общего расхода электроэнергии локомотивом.

Суть проекта - сокращение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов путем исключения участия в тяге одной из секций электровоза серии 2ЭС6Б трехсекционного исполнения, с весом поезда не более 3000 т на участке обслуживания Мариинск - Инская - Мариинск.

В эксплуатационном локомотивном депо Тайга на основании опытных поездок, анализа использования тягово-энергетических ресурсов на тягу поездов внесены изменения в режим ведения грузовых поездов на участке обслуживания Мариинск - Инская - Мариинск. В результате внесенных изменений машинисты электровоза при ведении поезда получили возможность отключать одну из трех секций.

По результатам реализации проекта получена экономия 4087 тыс. кВт·ч. Экономический эффект составил 14637,4 тыс. руб. На рис. 2 наглядно представлено изменение технологии обслуживания участка до и после реализации проекта.

## Проект 2022 г. «Пересмотр технологии обслуживания участка Мариинск — Инская — Мариинск за счет отключения секции локомотива серии 2ЭС6Б»

### Цель проекта

• Снижение расхода топливно-энергетических ресурсов секции локомотива серии 2ЭС6Б не менее чем на 15 % от общего расхода электроэнергии локомотивом

### Выявленные потери

Повышенный расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов электровоза серии 2ЭС6Б при вождении неполновесных, неполнооставных грузовых поездов на участке Мариинск — Инская — Мариинск локомотивными бригадами депо ТЧЭ-12 Тайга

### Суть проекта

Сокращение расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов за счет исключения участия в тяге одной из секций электровоза серии 2ЭС6Б трехсекционного исполнения, с весом поезда не более 3000 т на участках обслуживания Мариинск — Инская — Мариинск

### Технологический эффект

Обеспечена экономия расхода электроэнергии более 4,08 млн кВт·ч

**14637,4** экономия от проекта, тыс. руб.



ДО реализации проекта



ПОСЛЕ реализации проекта



Рис. 2. Проект «Пересмотр технологии обслуживания участка Мариинск — Инская — Мариинск за счет отключения секции локомотива серии 2ЭС6Б»

Представленные проекты показывают, что бережливое производство это непрерывный процесс поиска возможностей устранения потерь, который позволяет экономить ресурсы и получать лучший результат. В Дирекции тяги и далее активно будет продолжаться работа по увеличению экономических эффектов от успешно реализованных технологических решений через проекты бережливого производства с участием подконтрольных структурных подразделений.

# РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ И КАЧЕСТВА В ДИРЕКЦИИ ТЯГИ

**С.М. ПАРНЮК**, заместитель начальника Службы безопасности движения  
Дирекции тяги - филиала ОАО «РЖД»

Ежегодно перед Дирекцией тяги устанавливаются цели по выполнению ключевых показателей по безопасности движения, инструментом достижения которых становится система менеджмента безопасности движения. В январе текущего года приказом Дирекции тяги (ЦТ) утверждено Положение «О системе управления безопасностью и качеством производственных процессов в Дирекции тяги - филиале ОАО "РЖД"» (от 13.01.2022 № ЦТ-1). Оно устанавливает основные требования к системе менеджмента безопасности движения (СМБД) в Дирекции тяги, а также их взаимосвязь с требованиями к системе менеджмента качества (СМК), которыми следует руководствоваться при создании, функционировании, развитии инструментов обеспечения безопасности движения поездов и эксплуатации тягового подвижного состава.

Система управления безопасностью и качеством производственных процессов в Дирекции тяги направлена на предупреждение нарушений безопасности движения, а также достижение системного улучшения показателей безопасности движения и других качественных показателей производственных процессов.

Вышеуказанное Положение включает в себя требования системы управления безопасностью и качеством производственных процессов:

- > реализацию Политики в области безопасности движения;
- > формирование количественных и качественных показателей;
- > идентификацию, мониторинг и управление рисками;
- > проведение внутренних и внешних аудитов;
- > обучение и поддержание компетентности персонала;
- > управление несоответствиями;
- > обеспечение обмена информацией;
- > документирование информации и норм по безопасности движения;

-> применение общих методов и инструментов при обеспечении функциональной безопасности.

Для исполнения требований данного Положения и практического его применения работниками подразделений Дирекции тяги на базе Системы дистанционного обучения (СДО) ОАО «РЖД» проводятся вебинары для работников по разъяснению особенностей документа.

В июне текущего года на базе СДО «РЖД» для руководителей и начальников отделов и секторов причастных вертикалей региональных дирекций тяги и эксплуатационных локомотивных депо разработан обучающий курс по изучению требований указанного Положения. После его изучения слушателям необходимо пройти тестирование в системе проверки знаний АСПТ ОАО «РЖД».

В соответствии с данным Положением в Дирекции тяги утвержден График проведения комплексных аудитов в региональных дирекциях тяги, эксплуатационных и сервисных локомотивных депо (от 14.02.2022 № ЦТ-30/р). На сегодняшний день инициирована работа по проведению мероприятий внутреннего контроля подразделений ЦТ силами региональных дирекций тяги, а также сделан «заказ» на проверки в рамках технических ревизий и проверок, проводимых главными ревизорами железных дорог по безопасности движения.

Для достижения целевых показателей безопасности движения в локомотивном комплексе и реализации системной деятельности подразделений в области управления качеством в Дирекции тяги утвержден Перечень целей в области безопасности движения и качества Дирекции тяги на 2022 г, утвержденный распоряжением ЦТ (от 24.03.2022 № ЦТ-66/р), который включает в себя 25 целевых показателей. Они сформированы в рамках четырех сегментов: «Удовлетворенность потребителя», «Качество технологических процессов», «Функционирование системы управления качеством», «Кадровый потенциал».

Для повышения уровня развития системы управления качеством и разработки мероприятий по выполнению заданных показателей в области безопасности движения и качества, полученные в результате работы эксплуатационных локомотивных депо показатели рассматриваются на балансовых комиссиях при подведении квартальных итогов производственной и финансово-экономической деятельности региональных дирекций тяги.

В Дирекции тяги функционируют четыре основные программы мероприятий, направленные на совершенствование и развитие СМБД.

1. Дорожная карта реализации плана мероприятий по обеспечению функциональной безопасности в Дирекции тяги и локомотивном комплексе

ОАО «РЖД», направленных на выполнение целевых показателей по безопасности движения и развитие системы менеджмента безопасности движения по обеспечению функциональной безопасности (утверждена 21.02.2022 № 55);

2. План мероприятий по развитию Системы менеджмента безопасности движения в Дирекции тяги на 2022 г. (утвержден 15.03.2022 № 86);

3. Дорожная карта по развитию культуры безопасности в Дирекции тяги на 2021 - 2023 гг. (утверждена 5.10.2021 № 229/р);

4. План мероприятий по развитию культуры безопасности движения в Дирекции тяги в 2022 г. (утвержден 19.04.2022 № 238).

Первая программа - Дорожная карта функциональной безопасности - включает в себя мероприятия по обеспечению безопасности и надежности перевозочного процесса, мероприятия по нормативно-техническому регулированию в области обеспечения безопасности и эксплуатации в локомотивном комплексе по взаимодействию со смежными функциональными филиалами и участниками транспортного рынка по вопросам безопасности движения. Кроме того, Программа предусматривает коммуникационные мероприятия, направленные на реализацию Стратегии гарантированного обеспечения безопасности и надежности перевозочного процесса в ОАО «РЖД» и продвижение ценностей культуры безопасности.

По итогам работы в первом полугодии текущего года в Дорожную карту функциональной безопасности внесены дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности и надежности перевозочного процесса, направленные на выполнение целевых показателей по безопасности движения на 2022 г. (распоряжение Дирекции тяги от 15.06.2022 № ЦТ-154/р). Это связано с тем, что в данном периоде показатель «Уровень безопасности движения» не выполнен из-за роста событий в ремонтной составляющей локомотивного комплекса на 20 %.

Специалистами Службы безопасности движения ЦТ проведен анализ эффективности и результативности Дорожной карты по развитию культуры безопасности на 2021 - 2023 гг. как в Дирекции тяги, так и Дорожных карт (планы мероприятий) по развитию культуры безопасности движения региональных дирекций тяги. На сегодняшний день Дорожная карта по развитию культуры безопасности ЦТ полностью пересмотрена. Принципиальным изменением ее является инициатива по синхронизации планов по развитию культуры безопасности сервисных компаний с требованиями ОАО «РЖД», которая позволит достичь единых подходов и развития Политики ОАО «РЖД» в области развития и внедрения культуры безопасности.

Мероприятия центрального уровня:

от 2.12.2021  
№ 292р

от 27.12.2021  
№ 3014р

от 5.10.2021  
№ 229р

от 15.03.2022  
№ 86

от 14.02.2022  
№ 30

**Комитеты  
по безопасности  
(от 22.06.2021 №151р)**



Что касается развития СМБД на уровне региональных дирекций тяги, то следует рассмотреть данный вопрос более подробно. Во всех региональных дирекциях тяги утверждены графики проведения комплексных аудитов в подразделениях линейного уровня, утверждены планы мероприятий по развитию СМБД и развитию культуры безопасности, утверждены Программы мероприятий по достижению качественных и количественных целевых показателей в области безопасности движения на 2022 г.

Ранее в 2021 г. распоряжением Дирекции тяги утверждено Положение о Комитете по развитию системы менеджмента безопасности движения Дирекции тяги (от 22.06.2021 № ЦТ-151/р). В рамках указанного Положения в ЦТ утвержден Комитет по развитию СМБД Дирекции тяги. Он является совещательным органом и образован для повышения эффективности функционирования систем управления качеством и безопасности движения, а также для усиления ответственности руководителей за принятие управленческих решений по организации работы предприятий Дирекции тяги.

С целью развития функционирования СМБД в ЦТ и ее структурных подразделениях, а также гармонизации планов мероприятий уровня функционирования СМБД между центральным, региональным и линейным уровнями в региональных дирекциях тяги также созданы Комитеты по развитию системы менеджмента безопасности движения. На сегодняшний день инициирована работа по проведению еженедельных заседаний Комитетов по развитию СМБД в региональных дирекциях тяги и эксплуатационных локомотивных депо. На рисунке представлены меры по обеспечению безопасности движения на центральном и региональном уровнях.

Одним из элементов СМБД является обеспечение обмена информацией. Все работники, производственная деятельность которых связана с движением поездов и маневровой работой, должны быть обеспечены:

- > доступом к информации по всему кругу их деятельности;
- > документами, регламентирующими своевременность, достоверность передачи и получения информации при выполнении оперативной работы, а также организационной деятельности, связанной с безопасностью движения;
- > возможностью свободной передачи руководителям любого уровня, вплоть до высшего руководства Дирекции тяги, информации о возникающих нарушениях безопасности движения, о ходе ликвидации их последствий и (или) любых имеющихся недостатках, способных негативно повлиять на безопасность движения;
- > связью для обмена информацией со сторонними организациями, касающейся обеспечения безопасности движения поездов.

Для повышения и обеспечения обмена информацией, а также повышения уровня знаний работников в Дирекции тяги утвержден План проведения вебинаров работникам Дирекции тяги и ее структурных подразделений (от 19.04.2022 № 249), в рамках которого на 2022 г. на базе СДО «РЖД» запланировано проведение 28 вебинаров по темам, связанным с безопасностью движения поездов.

Кроме того, Службой безопасности движения проводится активная работа по продвижению в подразделениях Дирекции тяги корпоративного портала «Навигатор безопасности» (ссылка для входа [Навигатор ЦРБ \(oao.rzd\)](#)). Он ежедневно наполняется актуальными нормативными документами Дирекции тяги и ОАО «РЖД», новостями, а также формируется «База знаний Дирекции тяги» на основе видеороликов, проведенных вебинаров в рамках реализации Плана их проведения.

Вышеуказанные меры, оперативно принимаемые руководством и специалистами локомотивного комплекса, позволят повысить уровень обеспечения безопасности движения поездов.

# НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ НА СТРАЖЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ

**Основные методы неразрушающего контроля деталей и узлов тягового подвижного состава**

**М.Ю. ГЕРАСИМОВ**, начальник сектора неразрушающего контроля и технической диагностики,

**В.Э. РЫНДИНА**, конструктор сектора неразрушающего контроля и технической диагностики, Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства - филиал ОАО «РЖД»

Ответственность ОАО «РЖД» за безопасность перевозок, как владельца инфраструктуры и перевозчика, установлена Федеральным законом «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» и Правилами технической эксплуатации железных дорог.

Важнейшей составляющей в обеспечении безопасности движения поездов является неразрушающий контроль (далее - НК) деталей подвижного состава и элементов инфраструктуры, направленный на своевременное выявление недопустимых эксплуатационных дефектов, способных стать причиной транспортного происшествия вплоть до крушения, а также перерыва в движении поездов. Экономическая составляющая работы системы НК в локомотивном хозяйстве, главным образом, связана с сокращением затрат на неплановые ремонты и простои локомотивов, а также на компенсацию ущерба в результате транспортных происшествий.

Одним из важнейших направлений повышения безопасности движения и экономической эффективности работы локомотивного хозяйства является дальнейшее развитие системы НК ответственных узлов и деталей тягового подвижного состава и, в первую очередь, ходовых частей, состояние которых напрямую связано с безопасностью движения.

Неразрушающий контроль - это контроль надежности основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов/узлов, не требующий выведения объекта из работы либо его демонтажа.

Основным отличием и безусловным преимуществом неразрушающего контроля от других видов диагностики является возможность оценить параметры и рабочие свойства объекта, используя способы контроля, которые не предусматривают остановку работы всей системы, демонтажа, вырезки образцов. Исследование проводится непосредственно в условиях эксплуатации. Это позволяет частично исключить материальные и временные затраты, повысить надежность контролируемого объекта.

Благодаря неразрушающему контролю выявляются опасные и мелкие дефекты: заводские браки, внутренние напряжения, трещины, микропоры, пустоты, расслоения, включения и многие другие, вызванные, в том числе, процессами коррозии.

Своевременное обнаружение дефектов эксплуатационного (усталостного) и заводского происхождения в ответственных деталях железнодорожного подвижного состава позволяет обеспечить безопасность движения и приносит огромный экономический эффект. Очень важно, что методы НК, в отличие от разрушающего контроля, могут быть применены ко всей партии выпускаемых или ремонтируемых изделий, а также в процессе их эксплуатации. Кроме обнаружения дефектов, методы НК могут применяться для измерения толщины стенок изделий, толщины покрытий, а также для контроля структуры и состава вещества.

Система НК в локомотивном хозяйстве ОАО «РЖД» базируется на взаимодействии исполнителей (персонала и организаций), методов и реализующих их средств НК применительно к конкретным деталям тягового подвижного состава.

Для проведения НК деталей и узлов тягового подвижного состава используется специальное оборудование - дефектоскопы. Основной задачей этой группы оборудования является определение наличия или отсутствия в контролируемом изделии дефектов.

Качество проведения неразрушающего контроля определяется его достоверностью. Достоверный контроль изделий обеспечивается в том случае, если технический персонал обладает необходимыми знаниями основ физических процессов, происходящих при выполнении операций контроля, а также навыками проведения этих операций и расшифровки их результатов.

Среди различных видов НК на железнодорожном транспорте наиболее широкое распространение получили:

- > магнитный;
- > вихретоковый;
- > акустический (ультразвуковой).

### **АКУСТИЧЕСКИЙ ВИД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Акустический вид (далее - ультразвуковой) неразрушающего контроля основан на регистрации параметров упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте. Этот вид контроля применим ко всем материалам, достаточно хорошо проводящим акустические волны: металлам, пластмассам, керамике, бетону и т.д. Возбуждение и прием ультразвуковых волн в различных материалах осуществляется путем преобразования

электрических колебаний в ультразвуковые и обратно - ультразвуковые в электрические - с помощью пьезоэлектрических преобразователей (ПЭП).

С помощью дефектоскопа и пьезоэлектрического преобразователя в объект контроля вводятся упругие колебания с частотой свыше 20 кГц, исходя от излучателя, преломляясь в призме, входят в объект контроля, преломляясь еще раз на границе раздела, и далее отражаются от дефектов - при их наличии, или донной поверхности объекта контроля - при отсутствии дефектов.

Ультразвуковой контроль ответственных деталей тягового подвижного состава (рис. 1) во многих случаях позволяет сократить расходы на проведение ремонта путем значительного сокращения объемов монтажных и демонтажных работ. Этот метод незаменим при проведении контроля, например, подступичных частей и буксовых шеек колесных пар в сборе с колесными центрами и насаженными кольцами подшипников.

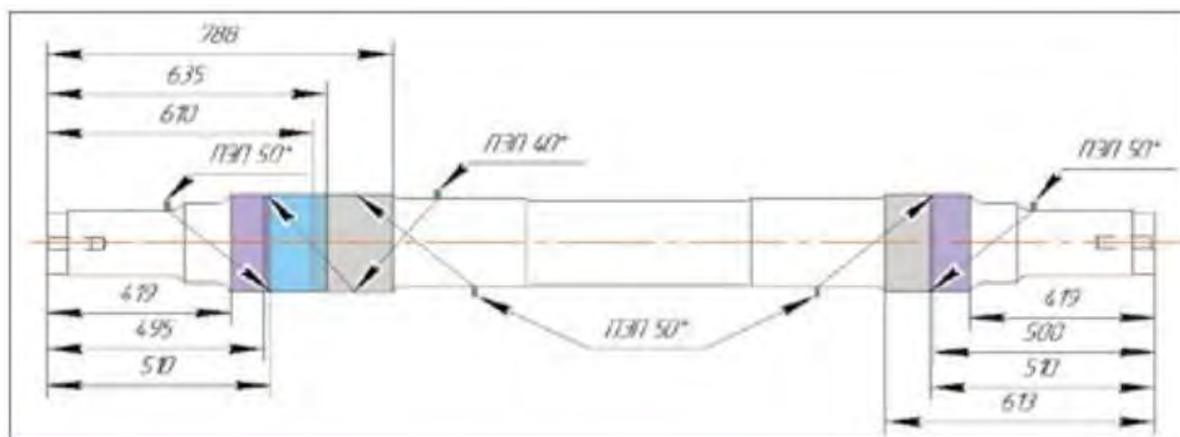


Рис. 1. Акустическая схема контроля осей колесных пар

## МАГНИТНЫЙ ВИД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Магнитный вид неразрушающего контроля выполняют с использованием магнитопорошкового метода НК. Магнитопорошковый метод применяется для выявления дефектов в деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов (сталь, чугун), т.е. материалов, которые способны существенно изменять свои магнитные характеристики под воздействием внешнего магнитного поля.

Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля позволяет выявлять трещины, поры, расслоения и инородные включения, недоступные для визуального и измерительного контроля. Данный метод основан на выявлении магнитных полей рассеяния, возникающих над дефектами в детали при ее намагничивании, с использованием в качестве индикатора ферромагнитного порошка или магнитной суспензии. Этот метод среди других методов магнитного контроля нашел наибольшее применение (рис. 2).

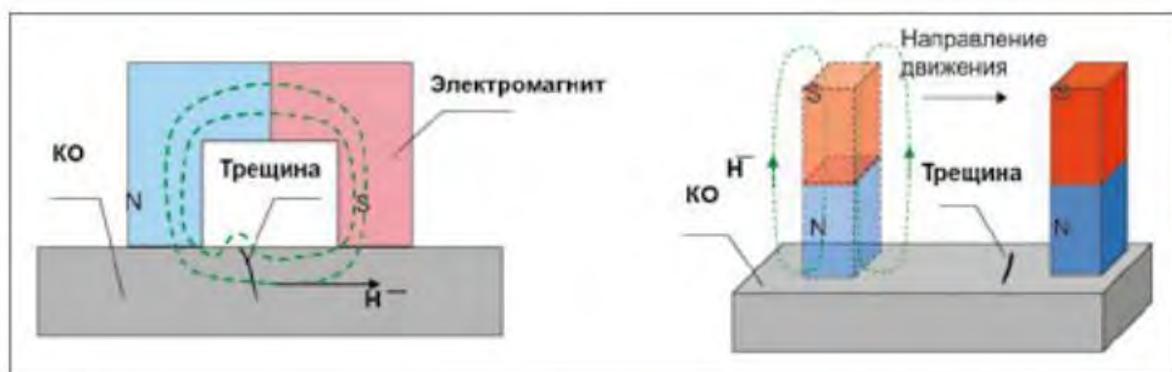


Рис. 2. Способы и схемы намагничивания деталей при магнитопорошковом контроле

На железнодорожном транспорте магнитопорошковому контролю подвергают следующие объекты подвижного состава:

- > оси всех типов колесных пар, как в сборе, так и в свободном состоянии;
- > свободные кольца подшипников качения;
- > детали ударно-тягового и тормозного оборудования;
- > рамы тележек;
- > шкворни;
- > детали дизеля;
- > детали тягового электродвигателя и т.п.

Примерно 80 % всех подлежащих контролю деталей из ферромагнитных материалов проверяется именно магнитопорошковым методом. Высокая чувствительность, универсальность, относительно низкая трудоемкость контроля и простота - все это обеспечило ему широкое применение.

### **ВИХРЕТОКОВЫЙ ВИД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

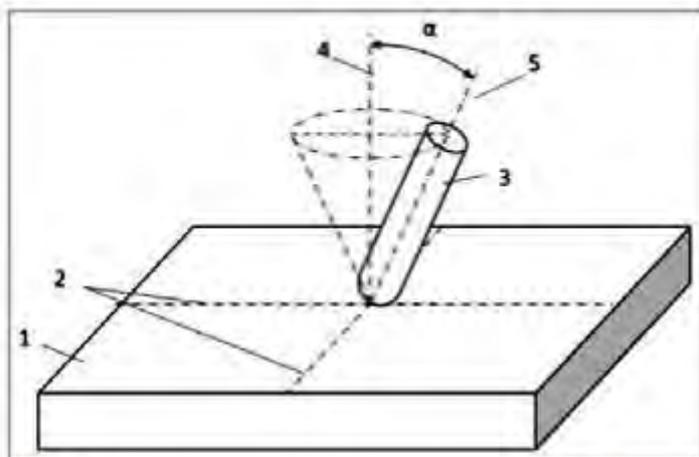
Вихретоковый вид неразрушающего контроля основан на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте.

В этом методе используется эффект воздействия вихревых токов, возбуждаемых в проводящем образце, на электрические параметры преобразователя.

Вихревые токи - это токи, возникающие в замкнутом контуре при изменении магнитного потока.

Его применяют только для контроля изделий из электропроводящих материалов (металлы, сплавы, графит, полупроводники). Вихревые токи возбуждают в объекте с помощью преобразователя в виде катушки

индуктивности, питаемой переменным или импульсным током (рис. 3). Приемным преобразователем (измерителем) служит та же или другая катушка.



**Рис. 3. Положение вихретокового преобразователя на поверхности детали:**

1 — поверхность контролируемой детали; 2 — линии сканирования; 3 — ВТП; 4 — нормаль к поверхности детали; 5 — ось ВТП;  $\alpha$  — угол между осью ВТП и нормалью к поверхности детали

Интенсивность и распределение вихревых токов в объекте зависят от его геометрических размеров, электрических и магнитных свойств материала, от наличия в материале нарушений сплошности, взаимного расположения преобразователя и объекта, т.е. от многих параметров.

К числу главных достоинств вихретокового метода следует отнести его универсальность и широкие функциональные возможности, которые до настоящего времени еще не до конца использованы.

Помимо вышеуказанных распространенных методов НК, в локомотивном комплексе также применяются:

- > капиллярный метод контроля;
- > радиационный метод контроля;
- > визуально-оптический метод контроля.

Как бы ни был совершен тот или иной метод НК, он не обеспечивает в полной мере решения задач по обнаружению дефектов любого типа или вида даже в одном объекте контроля. Поэтому для контроля ответственных деталей тягового подвижного состава с целью большей глубины и полноты контроля применяют систему неразрушающего контроля, представляющую совокупность одного или нескольких методов (вариантов методов). Например, ось колесной пары контролируют как магнитопорошковым методом, так и ультразвуковым.

Любой метод неразрушающего контроля подразумевает выявление определенного вида дефектов. При контроле дефект может быть выявлен или пропущен. Выявление дефекта рассматривается как случайное событие, вероятность наступления которого зависит от множества факторов: размера и ориентации дефекта, глубины его залегания, надежности дефектоскопической аппаратуры, квалификации оператора и др.

## **РОЛЬ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОГО БЮРО ЛОКОМОТИВНОГО ХОЗЯЙСТВА В СИСТЕМЕ НК ЛОКОМОТИВНОГО КОМПЛЕКСА**

При существующей на сегодняшний день системе НК, Проектно-конструкторское бюро локомотивного хозяйства (ПКБ ЦТ) является одной из основных организаций, ведущих вопросы методологии и технологического обеспечения НК. На ПКБ ЦТ возложены функции по экспертизе и согласованию соответствующих нормативных и технологических документов, поступающих как от Департамента технической политики, Дирекции тяги, АО «ВНИИЖТ» (головная организация в области НК в ОАО «РЖД»), так и от сторонних организаций.

Помимо указанных выше функций, ПКБ ЦТ осуществляет разработку документации (правила, инструкции, технологические карты), участвует в функциональных и приемочных испытаниях средств НК, разрабатывает ежегодные анализы состояния НК в локомотивном хозяйстве, проводит целевые проверки локомотиворемонтных предприятий по вопросам соблюдения технологии.

Другими основными участниками системы, помимо Департамента технической политики, выполняющего организационно-распорядительные функции, являются сервисные компании - ООО «ЛокоТех», ООО «СТМ-Сервис» и ООО «Милорем-Сервис», которым функции по ремонту тягового подвижного состава, включающие и неразрушающий контроль, были переданы ОАО «РЖД» 1 июля 2014 г.

## **СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ЛОКОМОТИВНОМ КОМПЛЕКСЕ**

Данные анализа ПКБ ЦТ за период, прошедший с момента перехода на сервисное обслуживание локомотивов, позволяют привести статистическую информацию о состоянии и функционировании системы НК, а также сделать определенные выводы и предложения по её развитию.

Ежегодно в депо подвергаются неразрушающему контролю в среднем около 5 млн деталей локомотивов (более 25 серий электровозов и 20 серий тепловозов, что в общем итоге составляет более 120 наименований контролируемых деталей), из них ежегодно бракуется около 21 тыс. деталей (рис. 4).

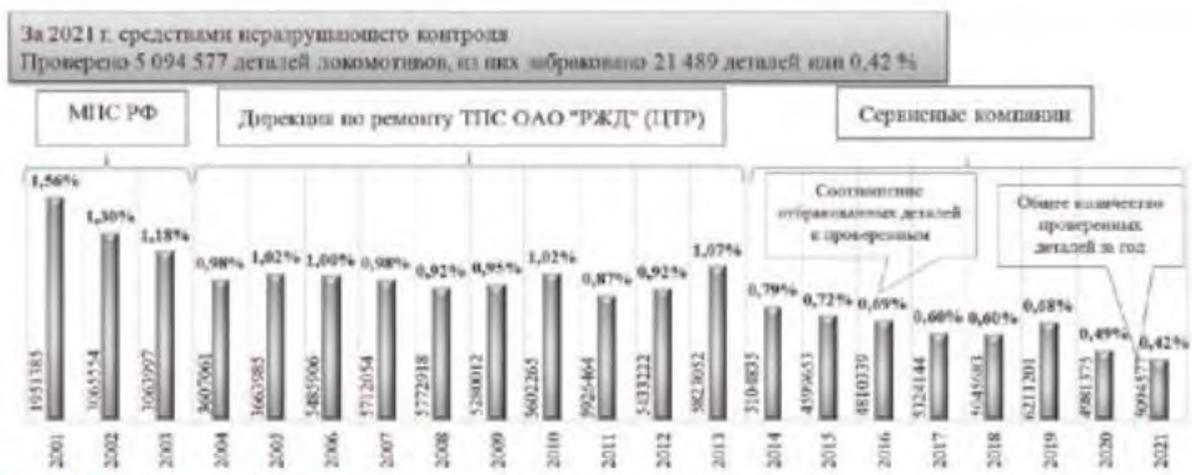


Рис. 4. Данные по отбраковке деталей локомотивов

## ПЕРСОНАЛ, ЗАНЯТЫЙ ПРОВЕДЕНИЕМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

К проведению неразрушающего контроля допускается персонал, сертифицированный на I, II или III уровень квалификации по определенному методу контроля, в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9712-2019 «Контроль неразрушающий. Квалификация и сертификация персонала». На начало 2022 г. общее количество персонала, занятого проведением НК в сервисных локомотивных депо (СЛД) составило 570 человек.

## СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

В настоящее время в сервисных локомотивных депо насчитывается порядка 2832 ед. средств НК - дефектоскопов и намагничивающих устройств. Распределение средств НК по методам контроля выглядит следующим образом:

- ультразвуковые - 562 ед. (19,8 % от общего количества средств НК);
- магнитопорошковые - 1834 ед. (64,8 % от общего количества средств НК);
- вихретоковые - 436 ед. (15,4 % от общего количества средств НК).

На рис. 5 представлены основные производители средств неразрушающего контроля.



Рис. 5. Данные по средствам неразрушающего контроля

## ОРГАНИЗАЦИОННО-РАСПОРЯДИТЕЛЬНАЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

В настоящее время в локомотивном хозяйстве в области неразрушающего контроля действует порядка 50 организационно-распорядительных и технологических документов, которые, в свою очередь, устанавливают требования по проведению неразрушающего контроля деталей локомотивов основных серий локомотивов собственности ОАО «РЖД». Данные документы в полном объеме описывают технологию проведения неразрушающего контроля деталей и узлов локомотивов.

При существующей на сегодняшний день нормативной базе имеется проблема в части действия ряда устаревшей документации по неразрушающему контролю, в которой встречаются несоответствия современным требованиям в связи с вводом в действие новых ГОСТ. Сложность отмены данных документов заключается в том, что эти документы были разработаны еще МПС РФ. Для их отмены Департаментом технической политики ОАО «РЖД» совместно с Дирекцией тяги и ПКБ ЦТ была организована, и уже ведется, работа по отмене устаревших документов по методу «регуляторной гильотины».

В целом, состояние системы НК в локомотивном хозяйстве следует признать удовлетворительным. Имеются все необходимое оборудование по НК, а также организационно-распорядительная документация по дефектоскопии. Проблемы в системе НК локомотивного комплекса в основном возникают из-за человеческого фактора, на разрешение которых в настоящее время принимается ряд мер, которые нацелены на повышение исполнительской дисциплины.

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6 «СИНАРА»

Цветная схема - на вкладке

**И.А. ОСИНЦЕВ**, преподаватель Тайгинского подразделения Западно-Сибирского учебного центра профессиональных квалификаций

## СХЕМА СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ

**Общие сведения.** Схема силовых цепей обеспечивает работу электровоза в составе двух, трех и четырех секций в режимах тяги, рекуперативного и электродинамического торможения, а также в режиме выбега. При этом рабочим режимом является независимое возбуждение тяговых двигателей. При необходимости имеется возможность перехода на последовательное возбуждение в тяговом режиме. Регулирование скорости электровоза производится изменением соединения групп тяговых двигателей, ступенчатым изменением сопротивления пускового резистора, изменением магнитного потока тяговых двигателей путем регулирования тока в обмотках возбуждения за счет регулирования напряжения на выходах статических преобразователей А7 и А8 (СТПР-1000).

Переключение тяговых двигателей при переходе с одного соединения на другое производится без разрыва силовой цепи с помощью электропневматических контакторов и разделительных диодов (вентильный переход). Все переключения в силовых цепях секций пусковых резисторов, тяговых двигателей, блоках управления возбуждением и двигателях вентиляторов охлаждения модулей пускотормозных резисторов (ПТР) производятся электропневматическими контакторами К1 - К40.

Для изменения группировки в цепи тяговых двигателей применены разделительные диоды VD18, VD26 и VD9, VD17. Управление пневматическими реостатными контакторами К1 - К4 и К9 - К24 (переключение секций пусковых резисторов) и линейными К27 - К40 (переключение тяговых двигателей с одного соединения на другое) производится блоками управления контакторами (БУК-3) под управлением микропроцессорной системы управления и диагностики (МПСУиД). Контактторы К30 и К36 используются для шунтирования переходных вентилей, соответственно, VD18, VD26 и VD9, VD17. Для включения электродвигателей М11 и М12 вентиляторов охлаждения модулей ПТР используются контакторы К5 - К8. Последовательность работы контакторов по позициям приведена в табл. 1, 2.



Последовательность включения линейных контакторов электровоза

Режим работы	Номер линейного контактора													
	K27	K28	K29	K30	K31	K32	K33	K34	K35	K36	K37	K38	K39	K40
Соединение «С», головная секция, включены все двигатели	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Соединение «С», прицепная секция, включены все двигатели	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Соединение «С», головная секция при отключенных 1-2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-
Соединение «С», головная секция при отключенных 3-4 ТЭД	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-
Соединение «С», прицепная секция при отключенных 1-2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+
Соединение «С», прицепная секция при отключенных 3-4 ТЭД	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Соединение «С», прицепная секция, отключены все двигатели	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-
Соединение «СП», включены все двигатели	+	-	+	+	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-
Соединение «СП» при наличии отключенных двигателей	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Соединение «П», включены все двигатели	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	-
Соединение «П» при отключенных 1-2 ТЭД	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-
Соединение «П» при отключенных 3-4 ТЭД	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	-

Электровоз 2ЭС6 имеет 65 позиций включения реостатных контакторов, из которых 23-я, 44-я и 65-я позиции являются ходовыми. На данных позициях пусковые резисторы R3 и R4 полностью шунтируются контакторами и отключают вентиляторы охлаждения модулей ПТР. Реверсирование направления движения электровоза осуществляется переключением обмоток якорей тяговых двигателей с помощью двух двухкулачковых переключателей реверсоров QP1 и QP2. Обмотки возбуждения каждой пары тяговых двигателей получают питание от статических преобразователей А7 и А8 (СТПР-1000).

В контур каждой пары обмоток возбуждения введен быстродействующий контактор К41 (К42) и реактор L2 (L3). Реакторы, кроме того, включены и в цепь обмоток якоря. Использование реактора в общей части цепей токов якоря и возбуждения двигателей - принципиальная особенность схемы электровоза 2ЭС6. Это обеспечивает динамическую обратную связь по току якоря для магнитного потока тяговых двигателей и существенно улучшает качество переходных процессов и эффективность защиты тяговых двигателей при коротких замыканиях.

Переключение тяговых двигателей на последовательное возбуждение при отказе статических преобразователей А7 и А8 осуществляется режимными переключателями QP3 и QP4.

Отключение поврежденных тяговых двигателей осуществляется изменением алгоритма включения линейных контакторов К27 - К40.

Защита силовой цепи электровоза от токов короткого замыкания осуществляется быстродействующим выключателем QF1. При коротких замыканиях силовых цепей, когда установившееся значение тока ниже тока уставки быстродействующего выключателя (БВ), защита в цепи тяговых двигателей осуществляется дифференциальным реле КА1, а в цепях вспомогательных машин и преобразователей собственных нужд - КА2. Перегрузка тяговых двигателей диагностируется и выявляется системой МПСУиД через преобразователи напряжений (ПНКВ) в код в якорной цепи UZ5 (UZ10) и UZ6 (UZ11); в цепи возбуждения - UZ7 и UZ8; перегрузка

статического преобразователя А2 - UZ9; защита от повышенного или пониженного напряжения в контактной сети - UZ1. Напряжение на пускотормозных резисторах измеряется ПНКВ UZ2. Измеряется величина сопротивления изоляции тяговых двигателей мегомметрами UZ3 и UZ4.

После токоприемника ХА1 в цепь включен входной LC-фильтр, предназначенный для снижения уровня радиопомех, создаваемых при токосъеме. Фильтр состоит из конденсаторов С1, С2 и дросселя помехоподавления L1. Для защиты от коммутационных и атмосферных перенапряжений в цепи установлен ограничитель перенапряжений FV1. Для отключения (в обесточенном состоянии) всех вышеперечисленных аппаратов (кроме дросселя помехоподавления L1) от высоковольтной цепи электровоза в случае повреждения хотя бы одного из них служит разъединитель QS1.

Заземлитель QS2 предназначен для заземления высоковольтной цепи при опущенном токоприемнике. Для ввода (вывода) электровоза в депо путем питания тяговых двигателей от внешнего источника питания пониженного напряжения служит отключатель Q1.

**Режим тяги.** Рассмотрим работу электровоза в двухсекционном варианте (секция 1 + секция 2). Примем, что секция 1 - головная, а секция 2 - прицепная, реверсор QP1 находится в положении «Вперед», режимный переключатель возбуждения тяговых двигателей QP2 - в положении «Независимое». После набора 1-й позиции собирается схема последовательного соединения тяговых двигателей включением реостатных контакторов К2, К21 - К23 и линейных контакторов К27, К29 - К32, К34, К36, К39 в головной секции и К27, К29 - К32, К34, К36, К40 в прицепной секции. Собирается цепь из восьми последовательно соединенных тяговых двигателей с полностью введенными пусковыми резисторами R3 и R4 в головной секции. Контактors К30 и К36 шунтируют переходные диоды VD18, VD26 и VD9, VD17 на всех позициях последовательного соединения тяговых двигателей.

При поднятом токоприемнике на прицепной секции (секция 2) двухсекционного локомотива ток протекает по цепи: токоприемник ХА1 -> провод 001 -> разъединитель QS1 -> провод 002 и по высоковольтной шине в головную секцию (секция 1).

В секции 1 ток протекает по цепи: провод 002 -> дроссель L1 -> провод 003 -> силовой контакт быстродействующего выключателя QF1 -> вводной провод 006 через окно магнитопровода дифференциального реле КА1 -> контакт контактора К2 -> провод 010 -> пусковой резистор R4 -> провод 026 -> контакт контактора К22 -> провод 028 -> контакт контактора К23 -> провод 007 -> пусковой резистор R3 -> провод 025 -> контакт контактора К21 -> провод 027 -> контакт контактора К27 -> провод 029 -> контакты 1-2 реверсора QP1 -> провод 031 -> якорь тягового двигателя М1 -> провод 033 -

> якорь тягового двигателя М2 -> провод 035 -> контакты 5-6 реверсора QP1 -> провод 037 -> шунт RS1 преобразователей ПНКВ UZ5 и UZ10 -> провод 039 -> реактор L2, шунтированный резистором R13 -> провод 049 -> контакт быстродействующего контактора К41 -> провод 051 -> контакты 1-2 режимного переключателя QP2 -> провод 055 -> контакт контактора К30 -> провод 032 -> контакт контактора К29 -> провод 030 -> контакты 10-11 реверсора QP1 -> провод 034 -> якорь тягового двигателя М3 -> провод 036 -> якорь тягового двигателя М4 -> провод 038 -> контакты 8-9 реверсора QP1 -> провод 040 -> шунт RS2 преобразователей ПНКВ UZ6 и UZ11 -> провод 042 -> реактор L3, шунтированный резистором R14 -> провод 052 -> контакт быстродействующего контактора К42 -> провод 054 -> контакты 8-10 режимного переключателя QP2 -> провод 058 -> контакт 10 контактора К34 -> провод 060 -> контакт контактора К36 -> провод 061 -> высоковольтная межсекционная розетка Х4 секции 1 и далее по межсекционному проводу в секцию 2.

В ведомой секции ток протекает по цепи: высоковольтная межсекционная розетка Х3 -> провод 064 -> пластина панели переключения секций (ППС) ХВ1 положение «Г» -> провод 059 -> контакт контактора К40 -> провод 027 -> далее аналогично цепи тока секции 1 -> провод 061 -> высоковольтная межсекционная розетка Х4 и далее по межсекционному проводу в секцию 1.

В ведущей секции ток протекает по цепи: высоковольтная межсекционная розетка Х3 -> провод 064 -> пластина ППС ХВ1 положение «Г» -> провод 059 -> контакт контактора К39 -> выводной провод 062 через окно магнитопровода дифференциального реле КА1 -> шунт RS6 счетчика электроэнергии Р1 -> провод 063 -> токосъемные устройства колесных пар ХА2, ХА3, ХА4, ХА5 -> рельсовая цепь.

Питание обмоток возбуждения тяговых двигателей в режиме «Независимое возбуждение» осуществляется от преобразователей СТПр-1000 А7 и А8.

Для тяговых двигателей М1 и М2 ток возбуждения протекает по цепи: «плюсовой» вывод преобразователя А7 -> провод 053 -> контакты 6-5 режимного переключателя QP2 -> провод 055 -> контакты 2-1 режимного переключателя QP2 -> провод 051 -> контакт быстродействующего контактора К41 -> провод 049 -> реактор L2, шунтированный резистором R13 -> провод 039 -> шунт RS3 преобразователя ПНКВ UZ7 -> провод 041 -> обмотка возбуждения тягового двигателя М1 -> провод 043 -> обмотка возбуждения тягового двигателя М2 -> провод 045 -> контакт контактора К31 -> провод 047 -> «минусовой» вывод преобразователя А7.

Для тяговых двигателей М3 и М4 ток возбуждения протекает по цепи: «плюсовой» вывод преобразователя А8 -> провод 056 -> контакты 9-11 режимного переключателя QP2 -> провод 058 -> контакты 8-10 режимного переключателя QP2 -> провод 054 -> контактор быстродействующего

контактора К42 -> провод 052 -> реактор L3, шунтированный резистором R14 -> провод 042 -> шунт RS4 преобразователя ПНКВ UZ8 -> провод 044 -> обмотка возбуждения тягового двигателя М3 -> провод 046 -> обмотка возбуждения тягового двигателя М4 -> провод 048 -> контакт контактора К32 -> провод 050 -> «минусовой» вывод преобразователя А8.

На последующих позициях последовательного соединения, начиная со 2-й, путем переключения секций пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 23-й позиции (см. табл. 1). При наборе 24-й позиции происходит переход с последовательного на последовательно-параллельное соединение тяговых двигателей. Собирается цепь из четырех последовательно соединенных тяговых двигателей с частично введенными пусковыми резисторами R3 и R4 в каждой секции. Секции между собой соединены параллельно.

Переход происходит в следующей последовательности: переключается часть реостатных контакторов в обеих секциях, что приводит к вводу в цепь тяговых двигателей пусковых резисторов. Далее отключается контактор К36, что приводит к вводу в цепь тяговых двигателей переходных диодов VD9, VD17, включаются контакторы К37 и К38, отключаются контакторы К39 (ведущей секции) и К40 (ведомой секции). На последующих позициях последовательно-параллельного соединения, начиная с 25-й, за счет переключения секций пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 44-й позиции.

При наборе 45-й позиции происходит переход на параллельное соединение тяговых двигателей. Образуются две параллельные цепи на каждой секции электровоза из двух последовательно соединенных тяговых двигателей с частично введенными пусковыми резисторами R3 и R4. Секции между собой соединены параллельно.

Переход происходит в следующей последовательности. Переключается часть реостатных контакторов, что приводит к вводу в цепь тяговых двигателей пусковых резисторов. Далее отключается контактор К30, что приводит к вводу в цепь тяговых двигателей переходных диодов VD18, VD26, включаются контакторы К28 и К33, отключается контактор К29. На последующих позициях параллельного соединения, начиная с 46-й, благодаря переключению секций пусковых резисторов происходит уменьшение их сопротивления до нулевого значения на 65-й позиции.

Все переключения в схеме при обратных переходах происходят в последовательности, обратной процессу набора. Переключения в схеме питания тяговых двигателей электровоза из трех секций аналогичны переключениям при двухсекционном варианте. На последовательном соединении в цепь последовательно включены двенадцать тяговых двигателей. На последовательно-параллельном соединении тяговые

двигатели каждой секции включены последовательно, при этом секции между собой включены параллельно (три параллельных ветви по четыре тяговых двигателя в каждой). При параллельном соединении создается шесть параллельных ветвей по два последовательно включенных тяговых двигателя в каждой.

При составе электровоза из четырех секций каждая пара секций работает как при двухсекционном исполнении. Порядок установки пластин на ППС ХВ1 при объединении секций электровоза приведен в табл. 3.

Таблица 3

Порядок установки пластин при объединении секций

Режим работы электровоза	Положение пластин на ППС			
	Секция 1	Секция 2	Секция 3	Секция 4
2-секционный	Г	Г	—	—
3-секционный	Г	С	Г	—
4-секционный	Г	Г	Г	Г

**Режимы электрического торможения.** Питание обмоток тяговых двигателей в режиме независимого возбуждения осуществляется от преобразователей СТТР-1000, что позволяет значительно облегчить условия перехода электровоза в режим электрического торможения. Микропроцессорная система управления, получая информацию от преобразователей А7 и А8, полностью управляет режимами электрического торможения в зависимости от скорости движения электровоза и текущих значений напряжения контактной сети.

На электровозе 2ЭС6 применяется рекуперативное и реостатное торможение (электродинамический тормоз), работа которого обеспечена в диапазоне скоростей от 120 до 3 км/ч. В режиме рекуперативного торможения при параллельном соединении тяговых двигателей в каждой секции создается цепь: рельсовая цепь -> токосъемные устройства ХА2 - ХА5 -> провод 063 -> шунт RS6 -> выводной провод 062 дифференциального реле КА1 -> контакты контакторов К37 и К38 -> провод 060 и далее двумя параллельными ветвями.

\* Первая ветвь: контакт контактора К33 -> провод 055-> контакты 2-1 режимного переключателя QP2 -> провод 051 -> контакт быстродействующего контактора К41 -> провод 049 -> реактор L2, шунтированный резистором R13 -> провод 039 -> шунт RS1 -> провод 037 -> контакты 6-5 реверсора QP1 -> провод 035 -> якорь тягового двигателя М2 -> провод 033 -> якорь тягового двигателя М1 -> провод 031 -> контакты 2-1 реверсора QP1 -> провод 029 -> контакт контактора К27.

\* Вторая ветвь: контакт контактора К34 -> провод 058 -> контакты 11-9 режимного переключателя QP2 -> провод 054 -> контакт быстродействующего контактора К42 -> провод 052 -> реактор L3, шунтированный резистором R14 -> провод 042 -> шунт RS2 -> провод 040 ->

контакты 9-8 реверсора QP1 -> провод 038 -> якорь тягового двигателя М4 -> провод 036 -> якорь тягового двигателя М3 -> провод 034 -> контакты 11-10 реверсора QP1 -> провод 030 -> контакт контактора К28.

Далее обе ветви соединяются проводом 027, и ток протекает по цепи: блоки разделительных диодов VD3 и VD4 -> вводной провод 006 дифференциального реле КА1 -> силовой контакт быстродействующего выключателя QF1 -> провод 003 -> дроссель L1 -> провод 002 -> разъединитель QS1 -> провод 001 -> токоприемник ХА1, контактная сеть.

При последовательно-параллельном соединении ТЭД в каждой секции создается цепь из четырех двигателей. В режиме рекуперативного торможения при напряжении в контактной сети более 3,8 кВ система МПСУиД путем подачи питания на соответствующие блоки управления контакторами включает пневматические контакторы, которые вводят в схему пускотормозные резисторы R3 и R4. При снижении напряжения контактной сети до 3,4 кВ контакторы размыкаются, и пускотормозные резисторы выводятся из цепи тяговых двигателей.

Переход из режима рекуперативного торможения в режим электродинамического торможения (ЭДТ) производится системой МПСУиД без разбора силовой схемы. В цепь тяговых двигателей вводится часть пускотормозных резисторов R3 и R4. При этом происходит отключение цепи тяговых двигателей от контактной сети, так как напряжение в контактной сети больше напряжения на тяговых двигателях и диоды VD3, VD4 закрыты. Последовательность включения реостатных контакторов в режиме электродинамического торможения на параллельном соединении тяговых двигателей приведена в табл. 4.

Таблица 4

Последовательность включения контакторов в режиме электродинамического торможения

№ позиции	R <sub>пуск</sub> , Ом	K2	K4	K10	K12	K14	K16	K18	K20	K22	K24	K26	K1	K3	K9	K11	K13	K15	K17	K19	K21	K23	K25	
1	2,1833	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	
2	1,6411	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	1,4212	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	
4	1,3350	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
5	1,2098	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	
6	1,0015	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	
7	0,8947	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	
8	0,8161	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	
9	0,6560	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	
10	0,5778	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	
11	0,4710	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	
12	0,4093	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	+	
13	0,3674	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	
14	0,2934	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	
15	0,2674	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-	+	
16	0,2073	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	
17	0,1425	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+	
18	0,0999	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
19	0,0701	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	
20	0,0550	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	
21	0,0000	-	+	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	

При последовательном возбуждении тяговых двигателей режим электрического торможения невозможен. Цепи питания обмоток при независимом возбуждении тяговых двигателей в режиме электрического торможения аналогичны тяговому режиму.

**Работа силовых цепей в аварийных режимах.** Помимо дифференциальной защиты и защиты по перегрузке тяговых двигателей, защитные функции возложены также на модуль преобразователя А7 и А8 (СТПР-1000), функциональной особенностью которого является контроль величины  $dI/dt$  (производная тока по времени). При выходе данной величины за допустимые пределы происходит запираание транзисторных IGBT-модулей преобразователя и отключение быстродействующих контакторов К41 и К42, которые вводят в цепи реакторов L2 и L3 резисторы R5, R6 соответственно. Происходит размагничивание тяговых двигателей во избежание несанкционированного перехода их в генераторный режим.

Схемой электровоза 2ЭС6 не предусмотрено специальных аппаратов для отключения поврежденных тяговых двигателей. Необходимые в этих случаях переключения осуществляются системой МПСУиД после установки переключателя (переключателей) «Отключение тяговых двигателей» на пульте управления в соответствующее положение. Вывод из схемы поврежденного тягового двигателя осуществляется путем изменения алгоритма включения линейных контакторов.

При выводе из работы тяговых двигателей М1 и М2 контакторы К27, К29 - К31 не включаются. Цепь питания тяговых двигателей М3 и М4 создается путем включения контактора К28. При выводе из работы тяговых двигателей М3 и М4 контакторы К29, К30, К32, К34 не включаются. Цепь питания тяговых двигателей М1 и М2 создается путем включения контактора К33.

Последовательность включения линейных контакторов электровоза при нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях показана в табл. 2. На последовательно-параллельном соединении секция с хотя бы одним неисправным тяговыми двигателями М1 - М4 полностью выводится из работы. При выходе из строя статических преобразователей А7 и А8 цепь питания обмоток возбуждения ТЭД отключается режимным переключателем QR2. Тяговые двигатели переключаются на последовательное возбуждение. Контактры К31 и К32 при этом не включаются. Регулирование магнитного поля тяговых двигателей при последовательном возбуждении не работает.

## **СХЕМА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ**

**Общие сведения.** Вспомогательные цепи каждой секции электровоза 2ЭС6 (рис. 1) включают в себя преобразователь собственных нужд ПСН-210-03, один трехфазный асинхронный электродвигатель компрессора М13, два трехфазных асинхронных электродвигателя М14, М15 вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, четыре трехфазных асинхронных

электродвигателя М16 - М19 мультициклонных фильтров системы охлаждения тяговых двигателей.

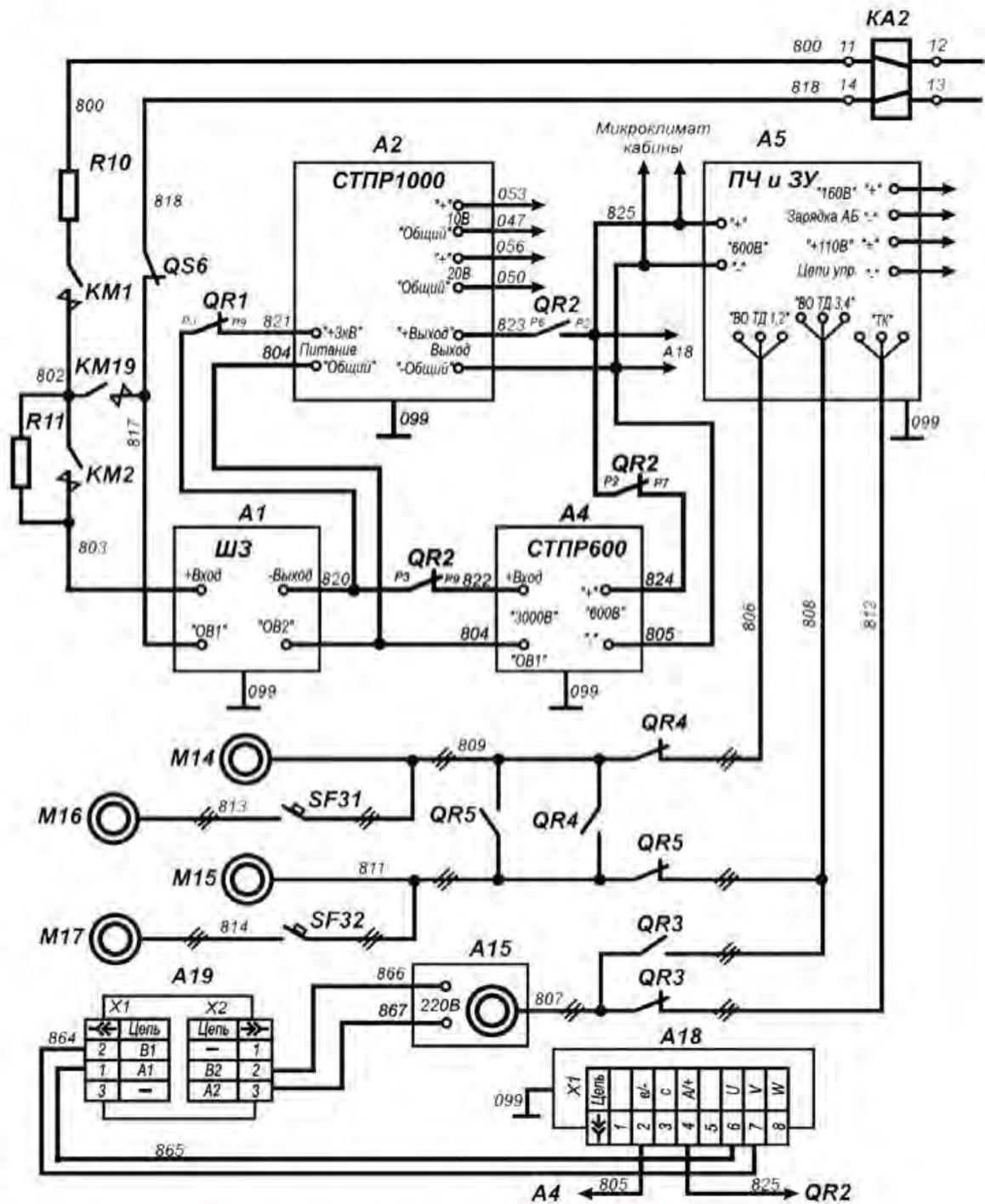


Рис. 1. Схема цепей преобразователя собственных нужд ПСН-210-03

Преобразователь собственных нужд ПСН-210-03 состоит из следующих блоков: А1 - блок защиты; А2 - статический преобразователь СТПР-1000; А4 - статический преобразователь СТПР-600; А5 - шкаф ПЧ и ЗУ. Вспомогательные цепи получают питание от статического преобразователя ПСН-210-03, питающегося от контактной сети 3 кВ и имеющего ряд выходных каналов:

- каналы № 1 - 3 выдают переменное трехфазное фазное напряжение с регулировкой по напряжению от 0 до 380 В и частоте от 2,5 до 50 Гц для питания асинхронных двигателей вспомогательных машин;
- канал № 4 выдает переменное трехфазное напряжение 380 В для питания системы микроклимата кабины машиниста;
- канал № 5 выдает постоянный ток напряжением 90 ... 130 В для зарядки аккумуляторной батареи;
- канал № 6 выдает постоянный ток напряжением 110 В для питания цепей управления и собственных нужд электровоза;
- каналы № 7, 8 предназначены для питания обмоток возбуждения ТЭД.

Управление асинхронными вспомогательными машинами осуществляется путем подачи соответствующих сигналов от системы МПСУиД к системе управления преобразователем ПЧ ПСН-210-03. Включение асинхронных двигателей вентиляторов охлаждения ТЭД возможно и от внешнего источника питания трехфазного тока напряжением 380 В через внешние розетки. Для плавного пуска в работу ПСН в его цепи включены резисторы: пусковой R11, который шунтируется через 3 с после подачи напряжения на ПСН-210-03, и демпферный R10, постоянно включенный в цепь питания. Для защиты цепи питания статического преобразователя используется дифференциальное реле КА2. Срабатывание дифференциального реле приводит к отключению быстродействующего выключателя QF1. Рабочее положение рукоятки переключателей резервирования QR1 - QR6 блоков ПСН-210-03 - верхнее.

**Цепь питания преобразователя собственных нужд ПСН-210-03.** Питание преобразователя ПСН-210-03 от контактной сети 3 кВ осуществляется по цепи (см. вкладку): токоприемник ХА1 -> провод 001 -> разъединитель QS1 -> провод 002 -> дроссель L1 -> провод 003 -> силовой контакт быстродействующего выключателя QF1 -> провод 006 -> катушка дифференциального реле КА2 (выводы 12 и 11) -> провод 800 -> демпферный резистор R10 -> провод 801 -> контакт контактора КМ1 -> провод 802 -> контакт контактора КМ2, шунтирующий пусковой резистор R11 -> провод 803 -> блок защиты А1 -> провод 804 -> контакт разъединителя QS6 -> провод 818 -> катушка дифференциального реле КА2 (выводы 14 и 13) -> провод 819 -> шунт RS5 -> провод 062 -> шунт RS6 -> провод 063 -> токоъемные устройства колесных пар ХА2, ХА3, ХА4, ХА5 -> рельсовая цепь. Разъединитель QS6 служит для вывода из работы ПСН при его неисправности или по другим причинам.

**Цепи питания асинхронных электродвигателей.** Трехфазный асинхронный двигатель М13 мотор-компрессора получает питание по цепи: выход канала № 1 преобразователя А2-5 -> кабель 807 -> статор асинхронного двигателя М13. Система охлаждения тяговых двигателей на

каждой секции включает в себя два асинхронных двигателя мотор-вентиляторов М14 и М15. Для очистки охлаждающего воздуха тяговых двигателей применена система модулей мультициклонных фильтров с четырьмя асинхронными электродвигателями М16 - М19, включенными параллельно двигателям мотор-вентиляторов М14 и М15 через автоматические выключатели, соответственно, SF21 и SF22.

Трехфазный асинхронный двигатель мотор-вентилятора М14 (М15) получает питание по цепи: выход канала № 2 (№ 3) преобразователя А2-5 -> кабель 809 (811) -> контакт переключателя QS4 (QS5) для включения мотор-вентиляторов от внешнего источника питания -> кабель 810 (812) -> статор асинхронного двигателя мотор-вентилятора М14 (М15).

Асинхронные двигатели модулей мультициклонных фильтров системы охлаждения тяговых двигателей М16, М17 (М18, М19) получают питание по цепи (см. рис. 1): контакты автоматического защитного выключателя SF31 (SF32) -> кабель 813 (814) -> статоры двигателей М16, М17 (М18, М19). Асинхронные двигатели вспомогательных машин (кроме мотор-компрессора) можно запитать от внешнего источника трехфазного переменного тока напряжением 380 В, подав его на розетку Х5-1 или Х5-2.

Перед включением асинхронных двигателей необходимо перевести переключатели QS4 и QS5 в положение «Стационарное питание вспомогательных машин» (верхнее положение рукоятки переключателя). При установке выключателя управления (ВУ) S1 «Стационарное питание» в положение «Вкл.» получает питание магнитный пускатель КМ3 по цепи: «фаза» розетки Х5-1 (Х5-2) -> провод 703 -> контакт ВУ S1 -> провод 705 -> катушка магнитного пускателя КМ3 -> провод 706 -> «ноль» розетки Х5-1 (Х5-2). Пускатель КМ3 включается и замыкает свои силовые контакты между проводами 805 и 806.

**Цепи питания двигателей мотор-вентиляторов охлаждения пускотормозных резисторов.** Двигатели мотор-вентиляторов (МВ) М11 и М12 для охлаждения блоков пускотормозных резисторов R3 и R4 включены в цепь тяговых двигателей. При следовании электровоза на реостатных позициях двигатели МВ М11 и М12 включаются в цепь ТЭД параллельно части блока пускового резистора (рис. 2). Их запуск происходит автоматически при наличии напряжения на резисторах (режим «Тяга» на неходовых позициях или режим «ЭДТ»). По мере набора позиций и вывода из работы части пускотормозных резисторов снижения скорости вращения МВ не происходит. Это достигается изменением схемы включения МВ, которая предусматривает два варианта: включены контакторы К7 и К8 (отвод резистора); включены контакторы К5 и К6 (полный резистор). Переключение контакторов с одной схемы на другую производится со сдвигом во времени, равным не менее чем 2 с.

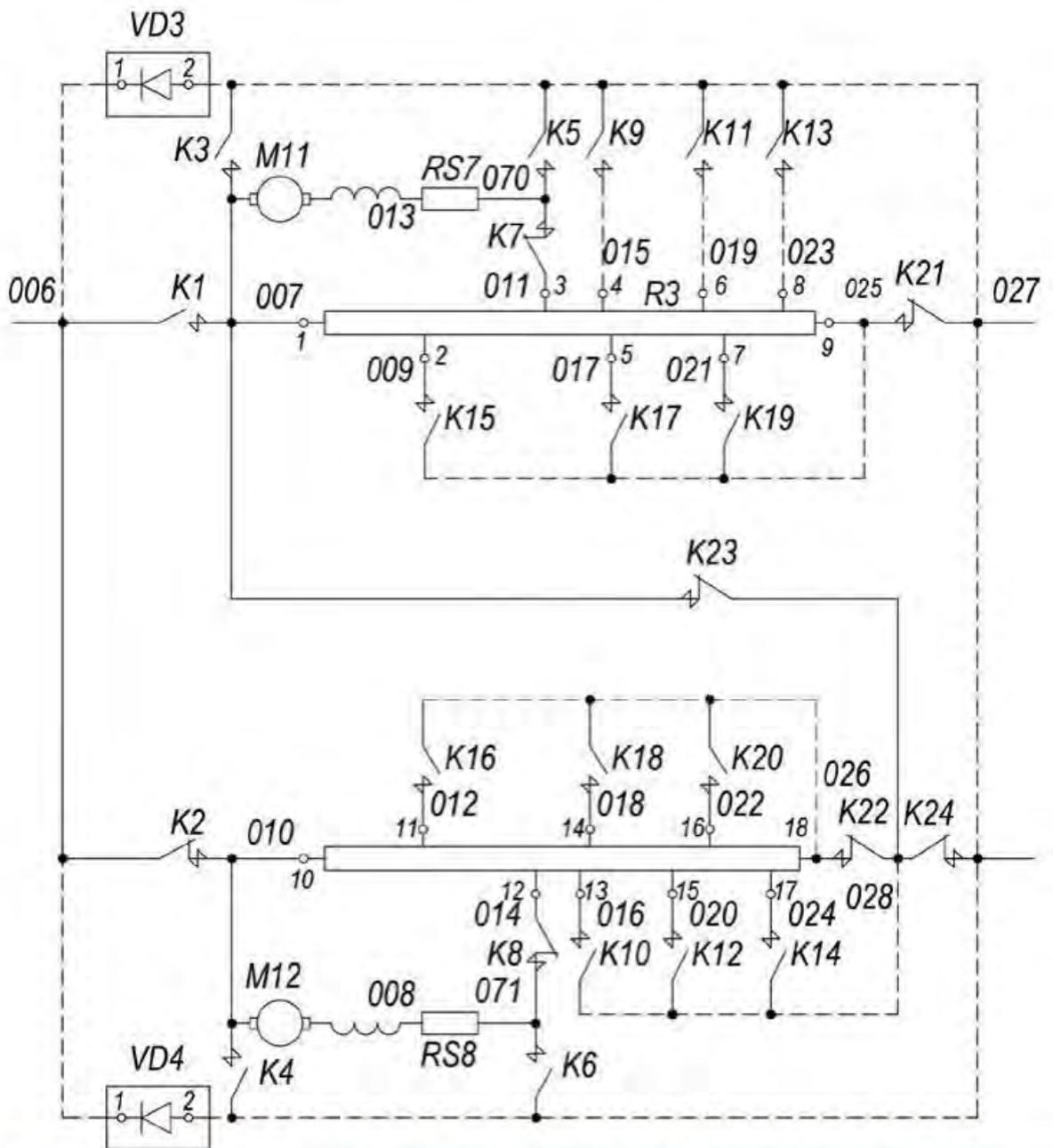


Рис. 2. Схема цепей питания двигателей вентиляторов для охлаждения блоков пускотормозных резисторов (на 1-й позиции тяги)

*(Продолжение следует)*

# КАК ПОВЫСИТЬ РЕСУРС ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЛОКОМОТИВОВ

**В.И. КИСЕЛЕВ**, профессор РУТ (МИИТ),

**Д.М. ИНСАПОВ**, старший преподаватель Ташкентского университета транспорта,

**А.И. ФЕДЯНИН, В.О. МОРОЗОВ**, аспиранты РУТ (МИИТ)

В процессе эксплуатации тяговые электродвигатели (ТЭД) локомотивов подвергаются механическим нагрузкам (вибрации), электродинамическим (броски тока), электрическим (перенапряжения) и тепловым (при больших токах в силовой цепи). Компенсировать отрицательное воздействие указанных факторов возможно обоснованным выбором изоляционных материалов, соблюдением технологии их изготовления, оптимальной работой систем охлаждения электродвигателей.

На долю ТЭД приходится от 20 до 30 % отказов от общего числа неисправностей локомотивов. При этом стоимость устранения последствий отказов превышает аналогичный показатель практически всех видов оборудования (за исключением дизеля и трансформаторов). Нормы пробега электрических машин, заложенные в технических требованиях, не выполняются. Тяговые двигатели, особенно их якоря, капитально обновляются через 300 - 500 тыс. км пробега.

Повышение ресурса электрических машин может быть достигнуто использованием новых, более совершенных узлов электродвигателей - конструкций и электроизоляционных материалов, имеющих класс нагревостойкости до 220 °С. Новым ГОСТом 2582-2013 предусмотрены повышенные нормы нагревостойкости изоляции обмоток ТЭД (см. таблицу).

**Классы нагревостойкости изоляции электрических машин  
по ГОСТ 2582-2013, °С**

Узлы электрических машин	Класс нагревостойкости изоляции							
	A	E	B	F	H	200	220	250
Электрические машины постоянного тока								
Обмотки полюсов	—	115	130	155	180	200	220	250
Обмотки якорей	—	105	120	140	160	180	200	220
Коллекторы	—	105	120	120	120	120	120	120

Температура нагрева изоляции ТЭД определяется возможностью длительного режима работы локомотива на форсажных условиях (например, в часовом режиме). Повышение допускаемых превышений температуры изоляции со 180 до 220 °С позволяет в эксплуатации увеличить вес поезда, сократить время разгона и увеличить скорость его движения.

Передовые зарубежные производители локомотивов уже выпускают электрические машины с классом нагревостойкости изоляции 220 °С. В настоящее время рассматривается повышение осевой нагрузки до 27 тс. Соответственно, требуются более мощные ТЭД. Однако создать их можно будет только путем применения перспективных изоляционных материалов и усовершенствованных конструктивных решений.

В производстве ТЭД используются две системы изоляции:

- система на основе сухих и предварительно пропитанных стеклослюдинитовых лент с пропиткой готовых узлов (изделия) в эпоксидном компаунде типа «Монолит», которые по нагревостойкости соответствуют классу F;
- системы на основе сухих лент и пленок с пропиткой в кремнийорганическом лаке КО-916К, которые по нагревостойкости соответствуют классу H.

Система на основе полиамидных пленок с пропиткой в кремнийорганическом лаке обладает более высокой электрической прочностью, но по ряду особенностей может использоваться только для обмоток, укладываемых в пазах. Изоляция типа «Монолит» может использоваться как для пазовых, так и для полюсных обмоток.

В перспективе должна быть разработана такая технология нанесения изоляции на токопроводящие части обмоток, которая бы исключила применение ручного труда в данном технологическом процессе. В этом плане заслуживает внимания разработка перспективных изоляционных материалов, наносимых на проводники по типу термоусаживающихся полимерных материалов.

На качество депоовского и заводского ремонтов ТЭД влияют технологии пропитки якорей. Мнение о том, что воздействия во время эксплуатации на изоляцию обмоток ТЭД перепадов температуры, вибрации, электрических полей, окружающей среды (пыль, влага) приводят к постепенному старению и потере ею электрических и механических свойств, в принципе верно. Однако считать, что влияние указанных факторов является причиной возникновения трещин в изоляции обмоток якорей не совсем правильно, так как реальные причины снижения эксплуатационных характеристик изоляции несколько иные.

По нашему мнению, основной причиной возникновения трещин в изоляции обмоток электрических машин является разность температурных удлинений материала проводников (меди) и изолирующих их слюдосодержащих материалов. Коэффициент линейного температурного удлинения меди ( $16,6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) по сравнению с изолирующим ее материалом - слюдой ( $3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) в 5 раз выше. Таким образом, после изготовления электрической машины с первых нагревов проводников проходящим по нему током нагрузки, который вызывает выделение тепла пропорционально квадрату тока по закону Джоуля-Ленца ( $Q = I^2Rt$ ), происходит удлинение меди, а изолирующая ее слюдосодержащая конструкция из-за отставания в удлинении в 5 раз трескается.

Все вышеуказанные факторы негативного воздействия нагрузок только усугубляют процесс развития трещин. Именно этим можно объяснить возникновение микротрещин в изоляционном материале токопроводящих частей обмоток.

Эта гипотеза была высказана более 50 лет назад конструкторами Новочеркасского электровозостроительного завода (НЭВЗ): «Изоляция не должна терять своей эластичности в процессе эксплуатации и иметь коэффициент линейного температурного расширения практически такой же, как и коэффициент линейного температурного расширения меди. Этим будет обеспечена хорошая механическая прочность изоляции в течение длительного времени при всех значениях температур» [1, С. 13].

Забвение этого конструкторско-технологического фактора в течение последних 50 лет привело к многомиллионным затратам в процессе устранения отказов в эксплуатации ТЭД локомотивов по причине пробоя и понижения сопротивления изоляции обмоток.

Указанное несоответствие в будущем должно быть устранено, для чего необходимо объединить усилия ученых, конструкторов и технологов под руководством специалистов ОАО «РЖД», эксплуатирующих тяговые двигатели, не отвечающие требованиям надежности.

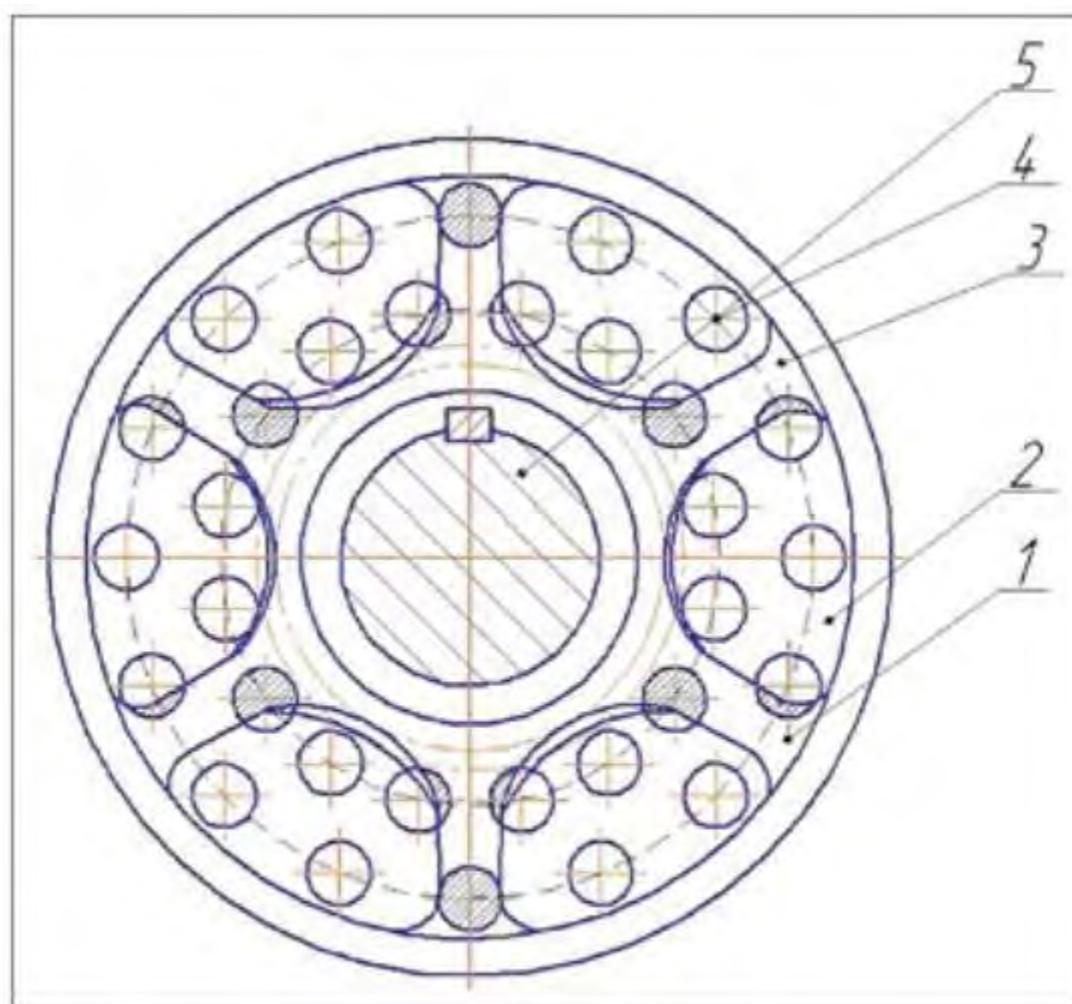
В данной статье авторами предлагается ряд рекомендаций конструктивно-технологического характера, которые будут способствовать повышению надежности ныне эксплуатируемых ТЭД.

В эксплуатации необходимо соблюдать так называемое «правило шести градусов», которое констатирует, что при температуре обмотки двигателя на  $6 \text{ } ^\circ\text{C}$  выше окружающей среды увлажнение изоляции не происходит. При постановке локомотивов в цех, когда температура обмоток двигателя ниже температуры цеха на  $6 \text{ } ^\circ\text{C}$ , происходит отпотевание двигателей с выделением на их поверхности влаги в виде инея. Поэтому перед постановкой в цех двигатели обязательно следует прогреть (например, ездой по тракционным путям депо с слегка подторможенными колесными парами, добиваясь при

этом повышенной токовой нагрузки в обмотках). Увлажнения также можно избежать, если к ТЭД после постановки в цех будет подведен теплый воздух от калориферной сети депо.

Анализ состояния изоляции якорей ТЭД, поступающих на капитальный ремонт, показал, что «прогары» изоляции - это сочетание электрического пробоя с тепловым в тех местах, где вентиляционные каналы сердечника якоря забиты продуктами износа коллекторно-щеточного узла и в микротрещинах изоляционной основы обмоток находится графитовая пыль от щеток.

Существующую конструкцию нажимной шайбы якоря ТЭД нельзя признать совершенной, так как ее ребра перекрывают более 10 % вентиляционных каналов сердечника якоря, тем самым ухудшаются условия охлаждения якорной обмотки электродвигателя (рис. 1).

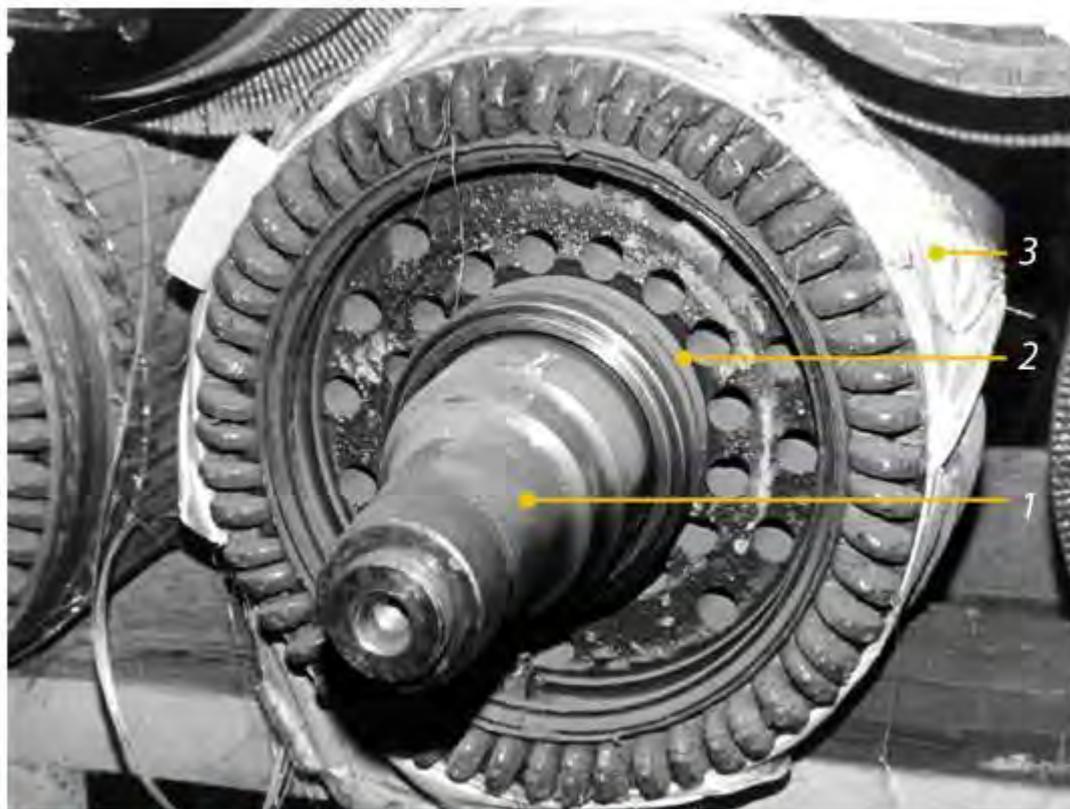


**Рис. 1. Перекрывание каналов в сердечнике якоря ребрами нажимной шайбы серийной конструкции:**

1 — нажимная шайба; 2 — сердечник якоря; 3 — ребро нажимной шайбы; 4 — вентиляционный канал в сердечнике якоря; 5 — вал якоря

Изготовленная в свое время в качестве эксперимента опытная партия тяговых двигателей, оснащенных дисковыми нажимными шайбами с отверстиями,

соосными с вентиляционными каналами в сердечнике якоря (рис. 2), позволила повысить надежность изоляции в эксплуатации. Аналогичная конструкция нажимной шайбы известна - такие детали применялись в тяговых двигателях маневровых тепловозов ЧМЭ2. Почему бы не вернуться к положительному опыту чешских локомотивостроителей?



**Рис. 2. Якорь ТЭД с дисковой нажимной шайбой:**

1 — вал якоря; 2 — нажимная шайба; 3 — лобовые части обмотки якоря

Наибольшим температурам нагрева в эксплуатации подвержены задние лобовые части якоря, охлаждаемые воздухом, поступающим после охлаждения коллекторно-щеточного узла.

Несмотря на неоднократно поднимаемый нами в ОАО «РЖД» вопрос об изменении направления потока охлаждающего воздуха внутри ТЭД - не от коллектора к задним лобовым частям, а в диаметрально противоположном направлении - никаких реакций и комментариев по этому предложению до сих пор нет. Исследования ученых различных организаций подтверждают необходимость этих изменений.

Для повышения эффективности технологического процесса пропитки якорей в депо и на заводах разработано несколько вариантов данного процесса. Однако всем им присущ один и тот же недостаток - после пропитки якоря в автоклаве вводится операция по ожиданию стекания лака, не застывшего в якоре, под действием гравитационных сил.

Как известно, процесс пропитки преследует цель заполнения имеющихся в изоляции якоря пор и трещин, вытесняя оттуда воздух, обладающий низкой теплопроводностью. Предлагаемое повторное вакуумирование якоря после его пропитки в автоклаве без лака преследует цель скорейшего устранения из лака таких летучих компонентов, как ксилол или толуол (рис. 3). Повышающаяся вязкость лака за счет ускоренного устранения из него летучих веществ позволяет увеличить, как показали наши исследования, наполняемость якоря тягового двигателя ЭД-118Б на 1 кг. Такой простой прием, вводимый в технологический процесс пропитки, будет способствовать увеличению срока службы изоляции обмотки электродвигателя.



Рис. 3. Сравнение серийной и предлагаемой технологий пропитки якорей тяговых двигателей

Предложенные в данной статье рекомендации по совершенствованию конструкции узлов ТЭД и технологического процесса пропитки не требуют значительных материальных затрат, а их внедрение будет способствовать повышению надежности работы электрических машин локомотивов в эксплуатации.

# ТЯГОВОЕ СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ЭС2Г «ЛАСТОЧКА»

**Д.Э. ЛИМОНОВ**, начальник управления проектирования подвижного состава ООО «Уральские локомотивы»,

**Н.О. ЖУХИН**, РУТ (МИИТ), заведующий лабораторией электроподвижного состава, инженер-разработчик кафедры «Электропоезда и локомотивы»,

**В.П. ОБУХОВ**, РУТ (МИИТ), канд. техн. наук, доцент, преподаватель кафедры «Электропоезда и локомотивы»

Главным отличием современных электропоездов, таких как ЭС2Г «Ласточка», является наличие на борту многофункциональных тяговых преобразователей. Применение электронной и преобразовательной техники последнего поколения в силовом тяговом оборудовании является наиболее интересной и востребованной на сегодня темой.

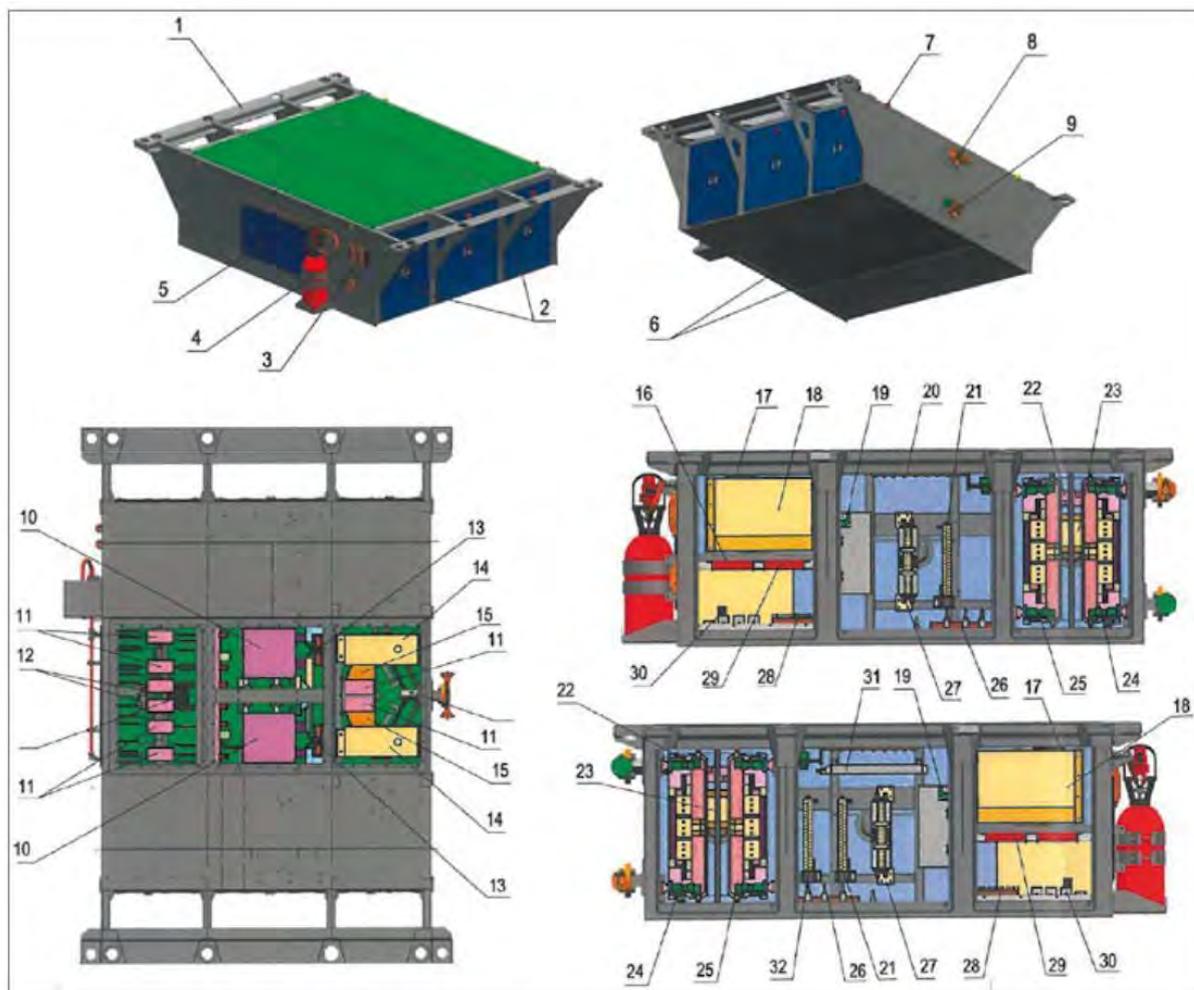
Тяговый преобразователь электропоезда ЭС2Г предназначен для преобразования постоянного тока напряжением 3000 В, поступающего от токоприемника, в трехфазный переменный ток регулируемой величины и частоты для питания асинхронных тяговых двигателей. В режиме электрического торможения тяговый преобразователь служит для преобразования трехфазного переменного тока, выработанного тяговыми двигателями, в постоянный и передачи его в контактную сеть либо на тормозные резисторы. Основные технические характеристики преобразователя представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические характеристики тягового преобразователя**

Наименование параметра	Значение
Номинальное входное напряжение, В	3000
Диапазон входного напряжения, В	2200 — 4000
Максимальный входной тяговый ток, А	457
Промежуточный контур	
Промежуточное напряжение постоянного тока в режиме тяги/торможения, В	3000 — 3600
Тормозной регулятор	
Максимальный выходной ток, А	1127
Максимальная частота, Гц	320
Импульсный инвертор (для двигателя)	
Диапазон выходного напряжения, В	0 — 2522
Диапазон выходной частоты, Гц	0 — 250
Номинальный выходной ток (режим тяги), А	284
Номинальный выходной ток (режим торможения), А	274
Управляющее напряжение	
Управляющее напряжение, В	110
Диапазон управляющего напряжения, В	77 — 132
Охлаждение	
Жидкостное охлаждение (хладагент/вода), %	60/40
Входная температура хладагента, °С	55
Расход хладагента, л/мин	90
Механические и климатические характеристики	
Рабочий диапазон температур, °С	-40 ... +40
Максимальная высота эксплуатации, м	1200
Степень защиты	IP54
Размеры, мм	2397×3290×841
Вес, кг	1420 ± 5 %

На каждом моторном вагоне электропоезда установлен один тяговый преобразователь для питания всех четырех тяговых двигателей моторного вагона. Тяговый преобразователь (рис. 1) включает в себя два инвертора с широтно-импульсной модуляцией для питания тяговых двигателей, тормозной импульсный регулятор для регулирования тока тяговых двигателей при электродинамическом реостатном торможении, а также блок управления тяговым режимом ASG (БУП).



**Рис. 1. Основные компоненты тягового преобразователя:**

1 — кронштейн крепления к кузову; 2 — боковые люки; 3 — низковольтные разъемы; 4 — модуль пожаротушения; 5 — зажимы силовых кабелей; 6 — нижние люки; 7 — бонка для заземления; 8 — патрубок для подачи охлаждающей жидкости; 9 — патрубок для рециркуляции охлаждающей жидкости; 10, 14 — конденсаторы промежуточного контура; 11 — поглощающий контур; 12 — конденсаторы фильтра питания; 13, 15 — ферритовый сердечник; 16 — резистор зарядки; 17 — фильтр подавления помех; 18 — блок управления приводом (БУП); 19 — преобразователь постоянного тока; 20 — преобразователь напряжения; 21 — контактор зарядки; 22 — резистор продолжительной зарядки; 23 — диод обратных колебаний; 24 — фазовый модуль импульсного инвертора; 25 — фазовый модуль 4-квadrантного регулятора; 26 — заземляющие контакты; 27 — сетевой контактор; 28 — источник питания модулей IGBT; 29 — резистор обогрева; 30 — вспомогательные контакты; 31 — предохранитель ПСН

По сигналам от микропроцессорной системы управления и диагностики МПСУиД, расположенной вне преобразователя, блок управления тяговым режимом управляет аппаратами преобразователя, обеспечивая регулирование крутящего момента и частоты вращения тяговых двигателей. Инверторы преобразователя и тормозной регулятор состоят из модулей биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT-транзисторов).

Широтно-импульсное регулирование выходного напряжения осуществляется путем изменения периода открытого состояния транзисторных модулей.

Тяговый преобразователь работает следующим образом. После подъема токоприемника и включения быстродействующего выключателя постоянное напряжение 3000 В через дроссель сглаживающего фильтра поступает на вход тягового преобразователя. На его входе установлены конденсаторы. Вместе с дросселем сглаживающего фильтра они сглаживают пульсации питающего напряжения. Поэтому эта часть силовых цепей преобразователя называется промежуточным звеном постоянного тока.

Отсюда сглаженное напряжение поступает на вход двух тяговых инверторов, преобразующих постоянное напряжение в трехфазное переменное регулируемой величины и частоты. Инвертор состоит из трех силовых модулей, называемых фазовыми. Каждый фазовый модуль включает в себя 2 биполярных транзистора и обеспечивает питание одной фазы выходного напряжения. Трехфазное напряжение с выхода каждого инвертора поступает от тягового преобразователя на два асинхронных тяговых двигателя, включенных параллельно.

Также постоянное напряжение от промежуточного звена постоянного тока поступает на вход преобразователя собственных нужд ПСН. Для реализации электрического реостатного торможения к звену постоянного тока через тормозной импульсный регулятор подключен тормозной резистор. На нем электрическая энергия, выработанная тяговыми двигателями при торможении, превращается в тепловую.

Для подключения тягового преобразователя к питающей сети используется сетевой контактор, представляющий собой разъединитель с электромоторным приводом. Он включается и выключается по команде блока управления тяговым приводом. С помощью сетевого контактора неисправный преобразователь может быть отключен от питающей сети. При подключении преобразователя к сети сначала включается электромагнитный зарядный контактор, подключая преобразователь через резистор предварительного заряда. Резистор ограничивает бросок пускового тока при заряде конденсаторов тягового преобразователя. После заряда конденсаторов включается сетевой контактор, шунтируя резистор предварительного заряда. С целью разряда конденсаторов после отключения тягового преобразователя конденсаторы зашунтированы высокоомными резисторами продолжительной разрядки.

IGBT-модули силовых инверторов и тормозного импульсного регулятора оборудованы принудительным жидкостным охлаждением, в качестве рабочей жидкости используется смесь воды и антифриза ANTIFRIGENN. Каждый IGBT-транзистор силовых модулей зашунтирован обратным диодом.

Тяговый преобразователь оборудован встроенной системой дифференциальной защиты от коротких замыканий на «землю». Система состоит из двух датчиков тока, измеряющих токи в «плюсовой» и

«минусовой» цепях питания тягового преобразователя. Сигналы с датчиков обрабатываются блоком управления тяговым приводом. При нормальной работе токи и, соответственно, сигналы с датчиков равны. При коротком замыкании возникает разность сигналов с датчиков. Если она превышает допустимую, блок БУП дает команду отключения тягового преобразователя.

Все компоненты тягового преобразователя размещены в отдельном подвагонном контейнере. Своей верхней частью контейнер прикреплен к раме вагона. Для доступа к оборудованию тягового преобразователя контейнер справа и слева имеет 3 съемных боковых люка, запираемые замками под 4-гранный ключ. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током эти люки также запираются специальными замками. Ключи специальных замков можно получить (извлечь) из подвагонного ящика вагона 03 только после опускания токоприемников и заземления высоковольтных цепей.

На одной торцевой стенке контейнера тягового преобразователя находятся выводы кабелей высокого напряжения, закрытые съемным щитом, разъемы цепей управления, а также установка пожаротушения преобразователя. На противоположной торцевой стенке расположены патрубки трубопроводов жидкостной системы охлаждения. В нижней части контейнера расположены еще 3 съемных люка для доступа к оборудованию преобразователя. Эти люки запираются болтами.

Внутри контейнера тягового преобразователя оборудование расположено следующим образом. В левой части контейнера (со стороны установки пожаротушения) расположены резистор зарядки, блок управления тяговым приводом, нагревательный элемент обогрева преобразователя и источник питания IGBT-модулей. В средней части контейнера находятся преобразователь постоянного тока, преобразователь напряжения, размыкающий контактор преобразователя собственных нужд ПСН, зарядный и сетевой контакторы. Здесь же находятся заземляющие контакты и предохранитель ПСН. В правой части контейнера (со стороны патрубков системы охлаждения) расположены транзисторные модули силовых инверторов и тормозного импульсного регулятора, резисторы продолжительной разрядки и обратные диоды. Открыв люки в нижней части контейнера преобразователя, можно получить доступ к поглощающему контуру, конденсаторам фильтра питания и конденсаторам промежуточного контура.

В тяговом преобразователе электропоезда расположен блок управления приводом (БУП). Он управляет тяговым преобразователем в соответствии с заданными значениями усилий тяги и торможения, а также производит диагностику неисправностей системы привода. Понимание основ работы современного тягового привода невозможно без знания работы БУП.

При проектировании блока управления приводом реализованы важнейшие главные функции. Среди них подготовка команд, ввод и обработка заданных значений, электрические функции защиты от юза и боксования, регулировка заданного усилия тяги и торможения, управление тяговым преобразователем, контроль параметров сети, работа контрольных устройств для защиты компонентов привода, тестирование оборудования привода, подготовка диагностических данных по тяге.

Диагностика неисправностей привода и контролируемых центральным блоком управления компонентов ведет к срабатыванию быстродействующего выключателя (БВ), импульсной блокировке силовой части привода, применению тормозного регулятора для ограничения напряжения промежуточного контура вплоть до автоматической, временной или длительной разгрузки элементов или всего тягового преобразователя.

Центральный блок управления через шины WTB и MVB получает от БУП сообщения о состоянии тягового преобразователя. Сигналы для управления тяговым преобразователем принимаются БУП через входные каскады, а передаются через выходные.

БУП состоит из процессорных модулей, установленных на выдвижных шасси в корпус. Под этими выдвижными шасси расположен вентилятор, обеспечивающий охлаждение БУП. Связь с центральным блоком управления (ЦБУ) осуществляется через поездную шину.

Входной каскад U/f (EUF) (рис. 2) осуществляет преобразование аналоговых сигналов напряжения в частотные сигналы. Измерительные сигналы передаются через торцовый штекер на дифференциальный усилитель, параметры усиления которого задаются через два расположенных в паяных опорных точках резистора. Эти выходы располагаются на базовом штекере.

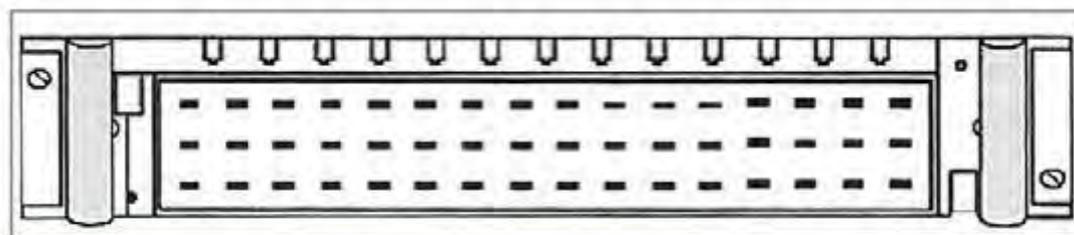


Рис. 2. Входной каскад U/f (передняя панель)

В инженерных решениях входного каскада реализован интегральный метод измерения, благодаря чему отдельные пиковые значения измеряемой величины не приводят к неточностям, как это случается при регистрации мгновенных значений с помощью обычного аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

Для каждого измерительного канала на узле в паяных опорных точках может припаиваться элемент вторичной нагрузки.

В целях распределения мощности и точного обеспечения требуемого значения могут параллельно подключаться максимум шесть резисторов.

С помощью восьмого канала и пяти управляющих битов все каналы при инициализации могут компенсироваться совместно, а при работающем блоке - по отдельности поочередно без создания помех для регистрации результатов измерения.

Двоичный блок ввода без потенциала 110 В Узел EBIN 110V (6FH9356-3D) обеспечивает ввод бинарных сигналов с уровнем напряжения 110 В.

Каждый из 12 входных каналов имеет на торцовом штекере X2 по одному отдельному положительному (BINP) и отрицательному (BINN) входному контакту. Разделение потенциалов для стороны SIBAS производится с помощью оптронов, обладающих высокой устойчивостью к воздействию помех, вызванных быстрыми колебаниями синфазного напряжения на стороне входа.

В целях подавления помех и вибрации контактов каждый контур ввода и вывода оснащен резисторно-емкостным элементом.

Время задержки сигнала TV складывается из суммы задержек ввода и вывода.

Входной каскад регистрации температуры PT100 также является интересным инженерно-техническим решением.

Узел ETM (6FH9413-3B) служит для регистрации температуры с помощью температурно-зависимых платиновых сопротивлений (HN100).

В основные свойства модуля заложен четырехпроводный принцип, при котором токопровод и измерительный провод отделены друг от друга.

Более подробно указанные компоненты электрического и электронного оборудования рассматриваются в других работах авторского коллектива.

Тормозной резистор ЦБРИ.660227.001 предназначен для рассеивания избыточной энергии, возникающей в режиме электрического торможения, и подключен непосредственно к тяговому преобразователю.

Технические характеристики тормозного резистора представлены в табл. 2. К каждому тяговому преобразователю подключены два тормозных резистора, расположенные в металлическом корпусе и установленные на крыше моторного вагона.

Таблица 2

**Технические характеристики тормозного резистора**

Наименование параметра	Значение
Рабочий диапазон напряжений контактной сети при эксплуатации электропоезда, кВ	2,2 — 4,0
Номинальное значение омического сопротивления, Ом	7,85
Максимально допустимое сопротивление, Ом	11,5
Минимально допустимое сопротивление, Ом	7,1
Диапазон рабочего напряжения тормоза, кВ	2,7 — 4,0
Диапазон допустимых перенапряжений, кВ	4,0 — 4,5
Максимальное напряжение на зажимах, кВ	4,5
Максимальное напряжение относительно «земли», кВ	4,5
Крутизна характеристики напряжения на резисторе, кВ/мкс	5
Максимально допустимая индуктивность резистора, мкГ, не более	50
Частота импульсов прерывателя, Гц	320
Максимальная мощность одной секции резистора, кВт	580
Максимальная температура материала резистора, °С	700
Минимальное расстояние между крышей электропоезда и нижней гранью активной части резистора, мм, не менее	64
Общий вес тормозного резистора, кг, не более	300

В случае перехода из режима рекуперативного торможения на реостатное ток с тяговых двигателей начинает поступать на тормозные резисторы. На них электрическая энергия преобразуется в тепловую и рассеивается в окружающую среду. Также тормозные резисторы используются в качестве защиты от динамических перенапряжений промежуточного контура.

Внешний вид тормозного резистора представлен на рис. 3. Внутри каркаса тормозного резистора расположены 8 резисторных элементов, электрически соединенные в четыре блока по два элемента. Электрическая схема представлена на рис. 4.



Рис. 3. Тормозной резистор

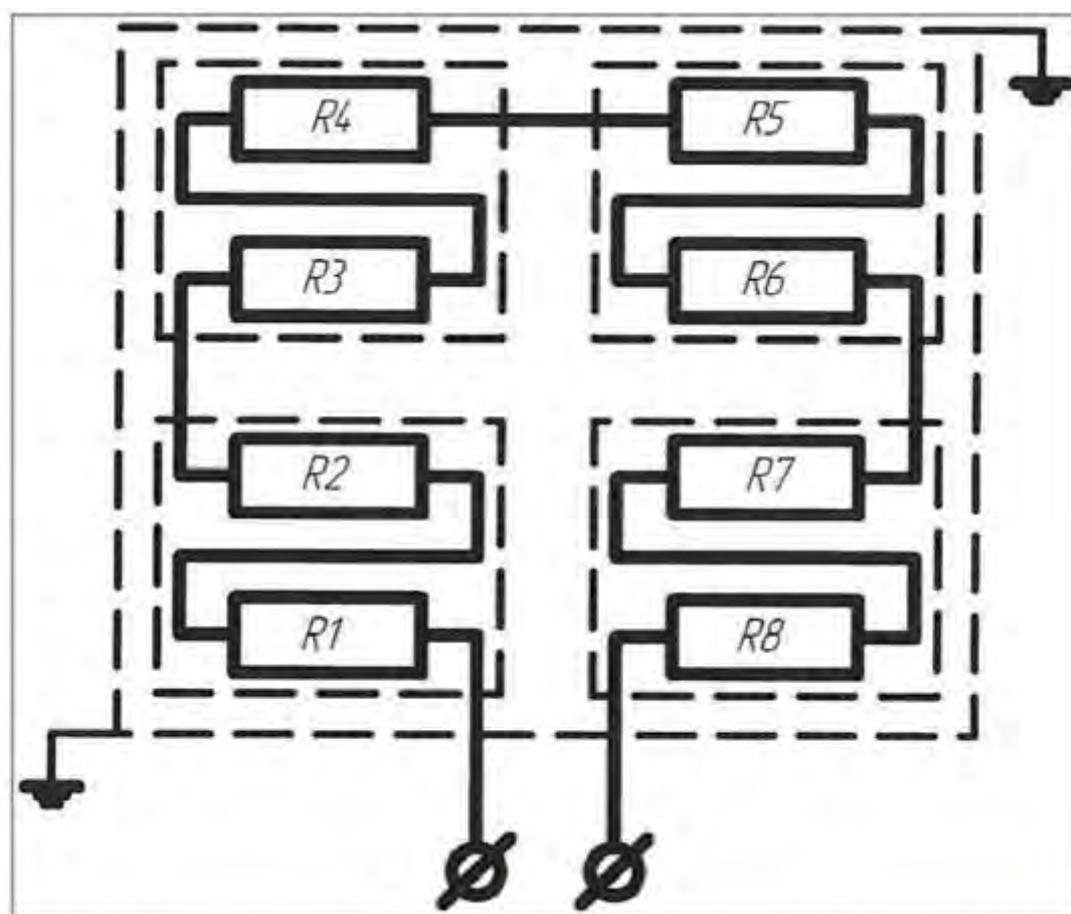


Рис. 4. Электрическая схема соединений тормозного резистора

Дроссель сетевого фильтра является важным компонентом тягового оборудования и предназначен для уменьшения пульсаций (колебаний) тягового тока, а также питания инверторов тягового преобразователя. Основные технические характеристики дросселя сетевого фильтра представлены в табл. 3.

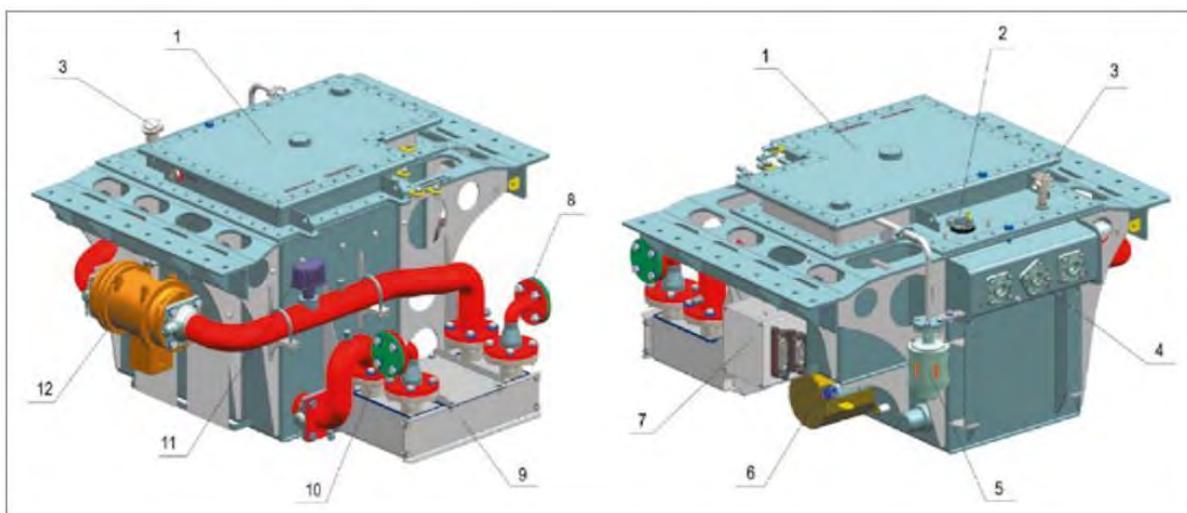
Таблица 3

**Технические характеристики дросселя сетевого фильтра**

Наименование параметра	Значение
Номинальная индуктивность реактора L1, мГн	23,6 (+ 20 %)
Номинальная индуктивность реактора L2, мГн	1,0 (+ 20 %)
Номинальное напряжение, В	3000
Максимальное напряжение, В	4000
Минимальное напряжение, В	2200
Номинальный ток, А	406
Максимальный ток, А	670
Степень защиты оболочки	IP55
Максимальная высота эксплуатации, м	1200
Рабочий диапазон температур, °С	-40 ... +40
Размеры	1450×1620×900
Вес с расширительным баком, кг	1650

Дроссель сетевого фильтра состоит из двух обмоток (реакторов), установленных в корпус. Корпус дросселя сетевого фильтра изготовлен в виде резервуара и представляет собой стальную конструкцию, полностью заполненную изоляционно-охлаждающей жидкостью (ИОЖ), в резервуаре устанавливается активная часть дросселя сетевого фильтра (магнитопровод с обмотками). Подключение обмоток осуществляется через контактные гнезда. Верхняя часть резервуара имеет фланцы для крепления к раме кузова.

В конструкцию дросселя сетевого фильтра входят такие компоненты, как корпус сетевого фильтра, плавниковый выключатель контроля уровня охлаждающей жидкости, резисторный термометр РТ100, контактные гнезда высоковольтных соединений, осушитель, разгрузочный клапан, разъемы системы управления и измерения, патрубков подачи охлаждающей жидкости, теплообменник, патрубок рециркуляции охлаждающей жидкости, реле потока, насос. Все эти элементы конструкции дросселя сетевого фильтра, представлены на рис. 5.



**Рис. 5. Дроссель сетевого фильтра:**

1 — корпус сетевого фильтра; 2 — плавниковый выключатель контроля уровня охлаждающей жидкости; 3 — резисторный термометр РТ100; 4 — контактные гнезда высоковольтных соединений; 5 — осушитель; 6 — разгрузочный клапан; 7 — разъемы системы управления и измерения; 8 — патрубок подачи охлаждающей жидкости; 9 — теплообменник; 10 — патрубок рециркуляции охлаждающей жидкости; 11 — реле потока; 12 — насос

На все внешние поверхности нанесено двухкомпонентное многослойное покрытие. Внутренние поверхности резервуара и трубопроводов имеют специальное покрытие, стойкое к воздействию изоляционно-охлаждающей жидкости.

Насос охлаждающей жидкости предназначен для циркуляции изоляционно-охлаждающей жидкости в системе охлаждения дросселя сетевого фильтра. В процессе эксплуатации дросселя сетевого фильтра насос работает постоянно. Технические данные насоса охлаждающей жидкости дросселя сетевого фильтра приведены в табл. 4.

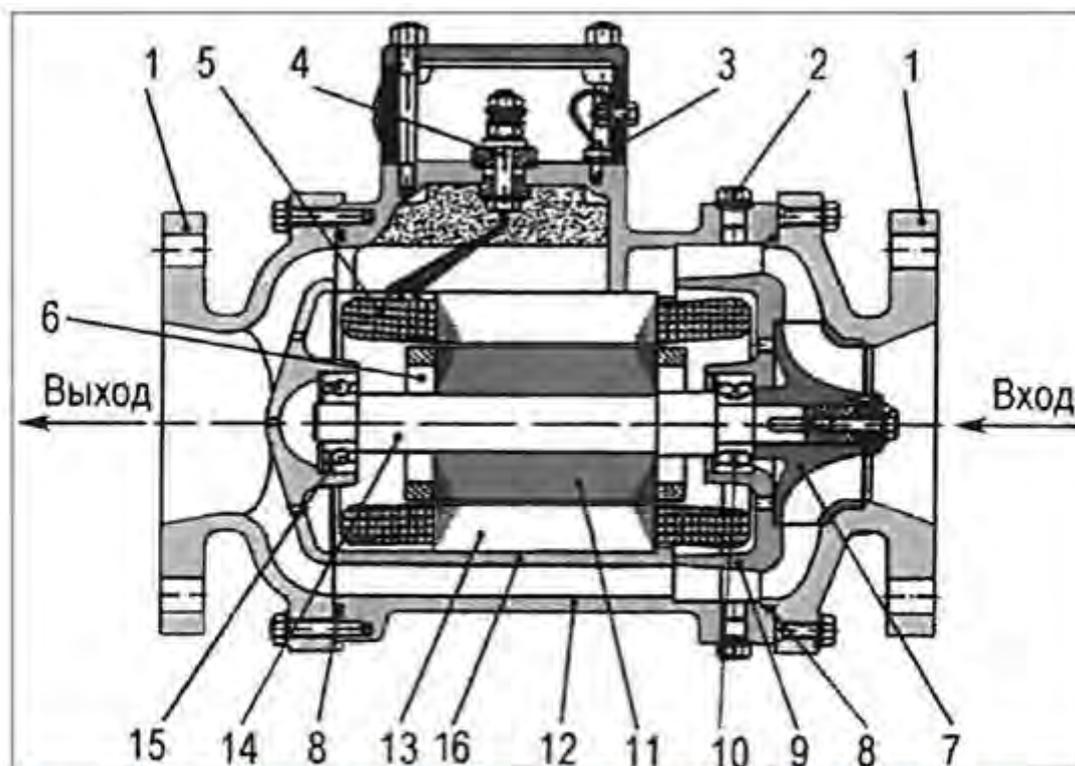
Таблица 4

**Технические характеристики насоса охлаждающей жидкости**

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания электродвигателя, В	380
Частота напряжения, Гц	50
Частота вращения двигателя, об/мин	2900
Номинальная мощность, Вт	2000
Номинальный ток, А	4
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	42
Вес, кг	46

Насос охлаждающей жидкости (рис. 6) представляет собой полностью изолированный герметичный агрегат, выполненный в одном корпусе с

трехфазным асинхронным электродвигателем. Этому агрегату свойственно достаточно общее для подобных ЦБН (гидромашин центробежного действия) характерное устройство.

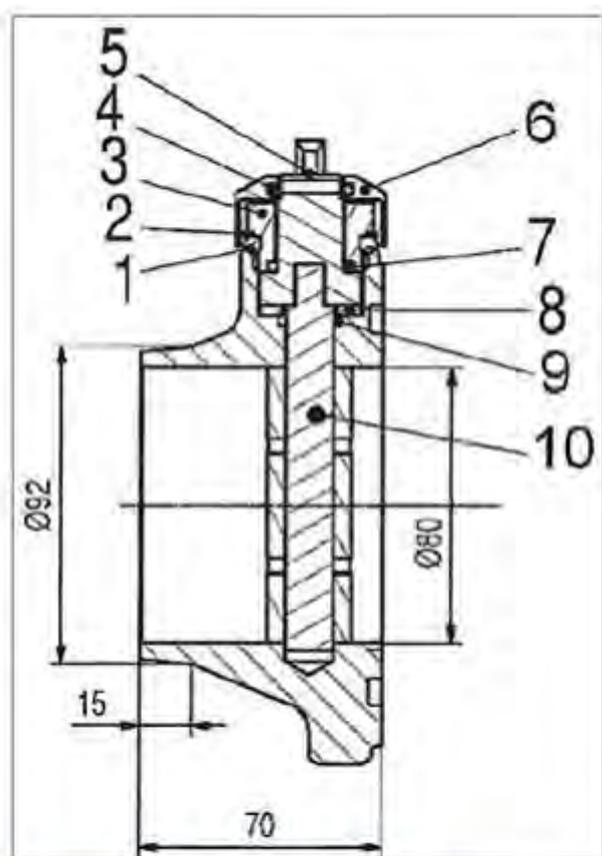


**Рис 6. Насос охлаждающей жидкости дросселя сетевого фильтра:**  
 1 — фланец; 2 — отверстие для удаления воздуха; 3 — коробка зажимов;  
 4 — зажимы; 5 — обмотка статора; 6 — обмотка ротора; 7 — рабочее колесо;  
 8 — уплотнительное кольцо; 9, 17 — направляющие; 10, 15 — подшипники;  
 11 — сердечник ротора; 12 — корпус электродвигателя; 13 — сердечник статора;  
 14 — вал электродвигателя; 16 — рубашка

На валу электродвигателя со стороны всасывания насажено рабочее колесо. Этот вал через подшипники опирается на фланцевые направляющие. Электродвигатель заключен в «рубашку», которая с корпусом насоса образует каналы для протекания перекачиваемой жидкости, при этом поток жидкости одновременно охлаждает и сам электродвигатель.

На входе и выходе насоса для соединения с масляным трубопроводом крепятся входной и выходной фланцы, уплотненные по месту посадки кольцами. Перепад давления жидкости в насосе и циркуляционном контуре выравнивается благодаря отверстиям для удаления воздуха. В верхней части корпуса установлена коробка зажимов с отверстием для подводящего кабеля, который крепится к зажимам при помощи болтов.

Для монтажа и демонтажа насоса охлаждающей жидкости без слива изоляционно-охлаждающей жидкости из дросселя сетевого фильтра конструкцией предусмотрены фланцевые заслонки (рис. 7). На трубопроводах системы охлаждения дросселя сетевого фильтра установлены две заслонки, которые выполнены в виде фланцев.



**Рис. 7. Фланцевая заслонка:**

1, 4, 7, 9 — уплотнительные кольца; 2 — дистанционное кольцо; 3 — нажимной винт; 5 — шпindel; 6 — колпак; 8 — шайба; 10 — плунжер

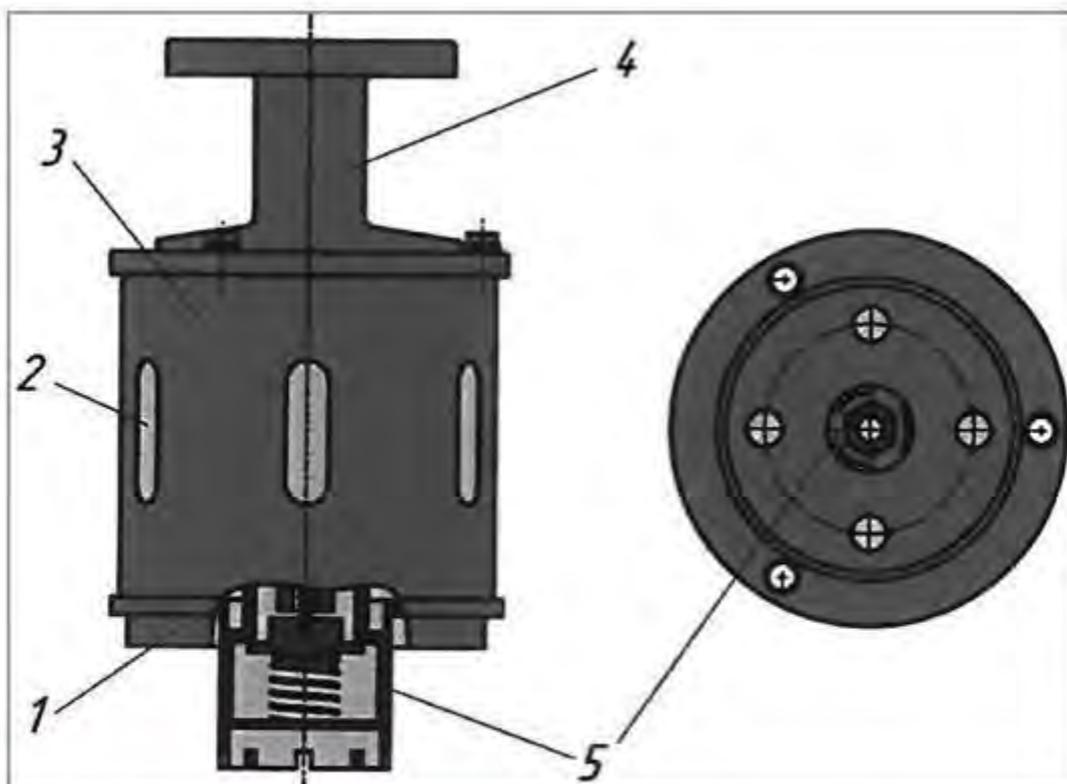
Внутри каждой заслонки расположен поворотный плунжер, который для исключения утечек охлаждающей жидкости уплотнен кольцами. Верхней частью плунжер взаимодействует со шпинделем, который зафиксирован в заслонке нажимным винтом с дистанционным кольцом и закрыт колпаком. В верхней части шпинделя имеется указатель положения.

Перед приведением в действие фланцевой заслонки сначала снимается колпак, далее для разгрузки отворачивается на пол-оборота нажимной винт. После этого вращением шпинделя приводится в действие фланцевая заслонка и вновь затягивается нажимным винтом - это необходимо для предотвращения самопроизвольного вращения заслонки.

Фланцевые заслонки обеспечивают полную герметичность в течение времени, необходимого для монтажа или демонтажа. Однако при транспортировке и хранении фланцевые заслонки должны быть дополнительно заблокированы с помощью заглушки и уплотнения для обеспечения абсолютной герметичности и механической защиты.

Для удаления влаги из всасываемого наружного воздуха предусмотрен осушитель воздуха (рис. 8), который состоит из прозрачного резервуара,

заполненного силикагелем (гранулы высушенного геля перенасыщенного раствора кремниевых кислот, являющиеся абсорбентом). Верхняя и нижняя части осушителя выполнены из прочного алюминиевого литья. Резервуар с силикагелем изготовлен из плексигласа и защищен верхней оболочкой из нержавеющей стали с отверстиями для визуального контроля состояния силикагеля. В нижней части осушителя воздуха установлен клапан избыточного давления.



**Рис. 8. Осушитель воздуха:**

1 — нижняя часть; 2 — резервуар с силикагелем; 3 — верхняя оболочка; 4 — верхняя часть с фланцем; 5 — клапан избыточного давления

Осушитель воздуха устанавливается на корпусе дросселя и через штуцер в верхней части соединяется с внутренним объемом бака, свободным от охлаждающей жидкости.

В стационарном состоянии, при низком уровне колебания температур или при отсутствии этого колебания, обмен между сухим воздухом расширительного бака и внешним воздухом не происходит. Колебание температуры минерального масла приводит к изменению его объема, при этом изменяется уровень масла в расширительном баке. При избыточном или пониженном давлении в нижней части осушителя воздуха открывается клапан и через резервуар осушителя, заполненный силикагелем, происходит компенсация давления во внутреннем объеме расширительного бака наружным воздухом. При этом силикагель удаляет влагу из всасываемого наружного воздуха.

Через отверстия в оболочке осушителя воздуха осуществляется визуальный контроль состояния силикагеля, изменение окраски которого указывает на необходимость его замены. Силикагель меняет цветовую окраску в зависимости от состояния:

- оранжевый цвет - силикагель, пригодный к эксплуатации;
- зеленый цвет - требуется замена силикагеля.

Следует иметь в виду, что эксплуатация дросселя сетевого фильтра без осушителя воздуха запрещена. Несоблюдение данного принципа может привести к короткому замыканию внутри дросселя сетевого фильтра. При технической эксплуатации электропоезда экономичным решением является применение регенерируемых силикагелей.

Для измерения температуры изоляционно-охлаждающей жидкости предназначен резисторный термометр РТ100. Измерение температуры осуществляется путем анализа измерительного тока, изменяющегося под воздействием температурозависимых измерительных резисторов. Анализ данных, полученных с термометра, осуществляется с помощью программного обеспечения электропоезда, и при превышении заданных температурных показателей появляется аварийный сигнал или происходит отключение дросселя сетевого фильтра от контактной сети.

В измерительном наконечнике термометра находятся два датчика температуры. В верхней части термометра находятся переключательные контакты. Резисторный термометр подключается с помощью штекера на подвесной головке. Пределы измерения термометра - от  $-50$  до  $+200$  °С.

Теплоносителем системы является изоляционно-охлаждающая жидкость, которая обеспечивает:

- изоляцию элементов обмотки друг от друга и от заземленных частей конструкции;
- пропитку бумажной изоляции в целях повышения ее электрической прочности и исключения пробоев между проводящими напряжением элементами;
- гашение электрической дуги при пробоях;
- восприятие и передачу тепловых потерь (охлаждение).

В качестве изоляционно-охлаждающей жидкости (ИОЖ) в дросселе сетевого фильтра используется ингибированное минеральное масло. Важно помнить, что марка ИОЖ указывается при заливке в паспорте изделия.

Для поддержания изоляционных свойств изоляционно-охлаждающей жидкости не допускается ее контакт с водой и другими изоляционно-

охлаждающими, эфирными или силиконовыми жидкостями. При необходимости, в процессе эксплуатации, производится добавление изоляционно-охлаждающей жидкости в расширительный бак дросселя сетевого фильтра.

В процессе эксплуатации электропоезда необходимо учитывать, что минеральное масло, а также изоляционные материалы под влиянием температуры, кислорода, влажности и каталитических свойств металлов, таких как меди и стали, подвержены химическому изменению. Таким образом, свойства минерального масла в процессе эксплуатации изменяются и отличаются от свойств нового масла.

Для обеспечения надежного функционирования дросселя сетевого фильтра регулярно проверяются минимальные требования к изоляционно-охлаждающей жидкости. Минимум один раз в пять лет производится химический анализ охлаждающей жидкости дросселя сетевого фильтра.

Поплавковый выключатель контролирует уровень изолирующей и охлаждающей жидкости в дросселе сетевого фильтра. Переключение двух выключателей производится одним поплавковым элементом. При нормальном уровне жидкости контакты выключателей разомкнуты. При понижении объема изоляционно-охлаждающей жидкости ниже определенного уровня достигается вначале уровень переключения первого поплавкового выключателя, и его контакты замыкаются. При дальнейшем понижении уровня замыкаются также контакты второго выключателя.

Конструкция дросселя сетевого фильтра рассчитана таким образом, что понижение уровня жидкости до достижения точки переключения нижнего поплавкового выключателя не приводит к повреждению обмоток. При срабатывании первого поплавкового выключателя производится вывод предупреждения, при срабатывании второго выключателя - отключение дросселя сетевого фильтра.

Разгрузочный клапан контролирует давление во внутреннем пространстве корпуса и обеспечивает защиту дросселя сетевого фильтра от разрыва. При разряде электрической дуги образуется большое количество газов, и давление в корпусе повышается. Через разгрузочный клапан производится отвод газов наружу. Одновременно с этим срабатывают три микровыключателя. После сброса давления клапан снова закрывается.

Разгрузочный клапан состоит из основного корпуса в форме фланца и диска. Данный диск прижимается пружиной к основному корпусу, препятствуя тем самым вытеканию изоляционно-охлаждающей жидкости из корпуса дросселя. Расположенный по центру палец при срабатывании разгрузочного клапана обеспечивает срабатывание микровыключателя, расположенного на корпусе. На корпусе имеются три микровыключателя.

После срабатывания палец посредством нажима в обратном направлении приводится в исходное положение. До этого момента микровыключатель также находится в состоянии срабатывания.

Реле потока обеспечивает контроль протекания изоляционно-охлаждающей жидкости через дроссель сетевого фильтра. Свободно движущийся в потоке изоляционно-охлаждающей жидкости подвижный затвор реле приводит в действие микровыключатель с переключающим контактом.

При технической эксплуатации электропоезда колпак корпуса реле потока не подлежит демонтажу. Демонтаж корпуса может приводить к негерметичности и, вследствие образующейся по этой причине коррозии, к ненадлежащему функционированию реле.

# РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ПОСТОЯННОМ ТОКЕ: РЕОСТАТНЫЙ ПУСК

И.А. ЕРМИШКИН, инженер, г. Ожерелье

На электроподвижном составе (ЭПС) постоянного тока с использованием коллекторных двигателей последовательного возбуждения частоту вращения якорей тяговых двигателей можно регулировать, изменяя их напряжение  $U(д)$  и ток  $I(д)$ , подведенных к зажимам двигателей, или магнитный поток  $\Phi$ , т.е. регулируя коэффициент возбуждения [Бета] главных полюсов. Напряжение  $U(д)$  изменяют ступенчато при помощи переключения тяговых двигателей на различные виды соединения (рис. 1): серийное (С), серийно-параллельное (СП) и параллельное (П).

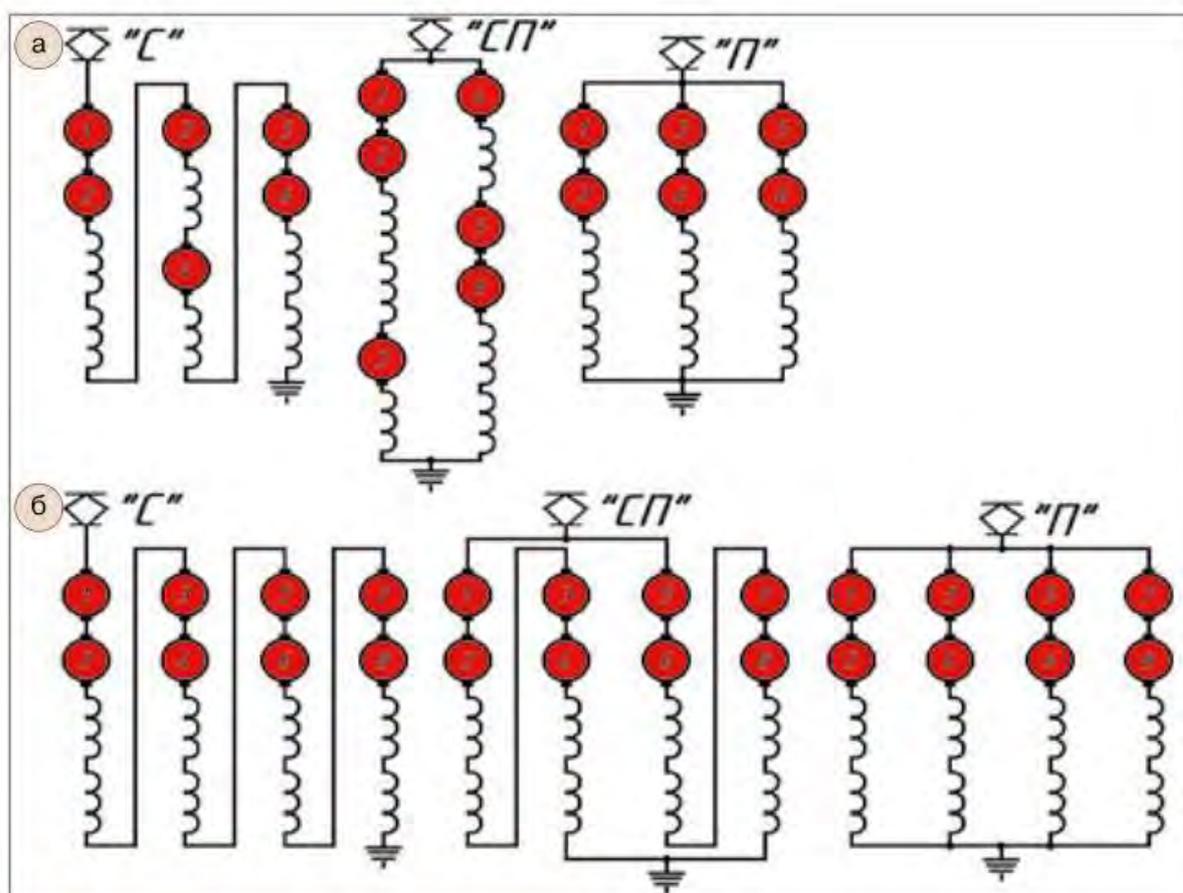


Рис. 1. Виды соединений тяговых двигателей:  
а — 6-осного электровоза; б — 8-осного электровоза

Любой электродвигатель можно подключить к питающему напряжению напрямую или же через пусковой резистор. В электрических схемах включение двигателя напрямую можно увидеть только в цепи

вспомогательного компрессора, так как в данном случае он включается под напряжение аккумуляторной батареи.

Прямой пуск тяговых двигателей на ЭПС не применяется. Это связано с тем, что в момент трогания поезда с места скорость движения состава, а, следовательно, и ЭДС тягового двигателя  $E$  равны нулю. Если двигатель, например ТЛ-2К, при этом включить на номинальное напряжение 1500 В, то его пусковой ток при сопротивлении обмоток 0,1295 Ом будет равен 11583 А, что недопустимо для двигателя и тяговой передачи. Чтобы ограничить пусковой ток, к двигателю необходимо либо прикладывать пониженное напряжение, либо включать в его цепь резистор последовательно с обмотками.

На ЭПС с контакторно-реостатным управлением напряжение на двигателе при пуске уменьшают, последовательно соединяя все тяговые двигатели силовой цепи, однако и при этом необходимо ограничивать ток пуска, вводя в цепь пусковой резистор.

Когда якоря тяговых двигателей начинают вращаться, возникает ЭДС, направленная навстречу приложенному напряжению, поэтому при неизменных напряжении и сопротивлении силовой цепи ток двигателя уменьшается с увеличением скорости. Постепенно выводя пусковое сопротивление, можно либо поддерживать пусковой ток постоянным, либо изменять его по заданному закону.

Пусковой период оказывает большое влияние на процесс движения поезда. Для достижения высоких средних скоростей поезду во время пуска сообщают большое ускорение, обеспечивая возможно большие пусковые токи. Однако пусковой ток и пусковая сила тяги ограничены наибольшим допустимым током тяговых двигателей и условиями сцепления, а в некоторых случаях и мощностью системы электроснабжения. Поэтому пуск поезда целесообразно осуществлять при наибольшем допустимом по этим ограничениям токе двигателей, поддерживая его по возможности неизменным в течение пускового периода.

Подобный процесс разгона поезда продолжается до так называемой пусковой скорости, при которой двигатель переходит на работу по естественной характеристике. Для длительной езды под током применяют различные соединения тяговых двигателей и ступени ослабления возбуждения. Скоростные характеристики, соответствующие различным схемам соединения двигателей при выведенном пусковом реостате и коэффициентам возбуждения, называют экономическими (ходовыми) характеристиками, а соответствующие работе на различных ступенях реостатного пуска - реостатными.

На электровозах машинист в соответствии с весом поезда, профилем пути и условиями сцепления чаще всего применяет неавтоматический ступенчатый

реостатный пуск. Плавное изменение сопротивления пускового реостата, рассчитанного на большой ток, принципиально возможно при его импульсном регулировании при помощи тиристорных преобразователей.

В зависимости от числа двигателей на электровозах пусковые резисторы, состоящие из определенного количества секций, компонуют в отдельные группы. Как правило, к каждой паре тяговых двигателей подключают свою группу пусковых резисторов, расположенную перед обмотками якоря. Таким образом, на 6-осном электровозе будут три группы пусковых резисторов, а на 8-осном - четыре. Однако на различных сериях ЭПС возможны и свои конструктивные особенности.

Так, на грузовом электровозе ВЛ11М (рис. 2) к четырем группам резисторов в секции «А» установлен дополнительный пусковой резистор R25 с контактором K11. При разгоне электровоза резистор R25 выводится из цепи на 2-й позиции контроллера. Одновременно в секции «Б» включаются контакторы K7 и K9, выводя из цепи резистор R2. Затем на 3-й позиции включается контактор K17 только в секции «Б», полностью выводя пусковой резистор R1. Таким образом, несмотря на четыре группы пусковых резисторов, весь дальнейший «реостатный пуск» осуществляется только за счет выведения пусковых резисторов секции «А». Контакт K17 работает сначала только в секции «Б» на С-соединении ТЭД, а затем включается в обеих секциях на ходовой позиции СП-соединения, выполняя функции уравнительного контактора при дальнейшем разгоне электровоза на П-соединении.

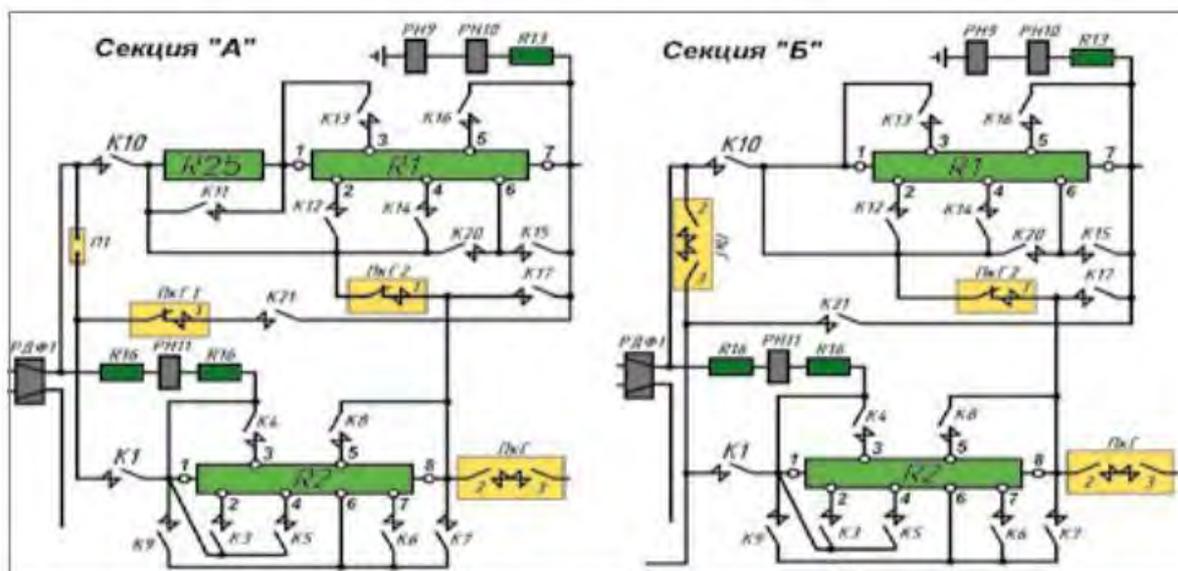


Рис. 2. Силловая схема включения пусковых резисторов на электровозе ВЛ11М

Одной из общих особенностей схем пусковых (пускотормозных) резисторов на электровозах современных серий является их автоматическое охлаждение от отдельного вентилятора, включенного параллельно резистору. В частности:

- в силовой цепи ТЭД электровоза 2ЭС6 (рис. 3) установлены две группы пусковых резисторов R3 и R4, которые имеют отдельный вывод для подключения двигателя вентилятора;

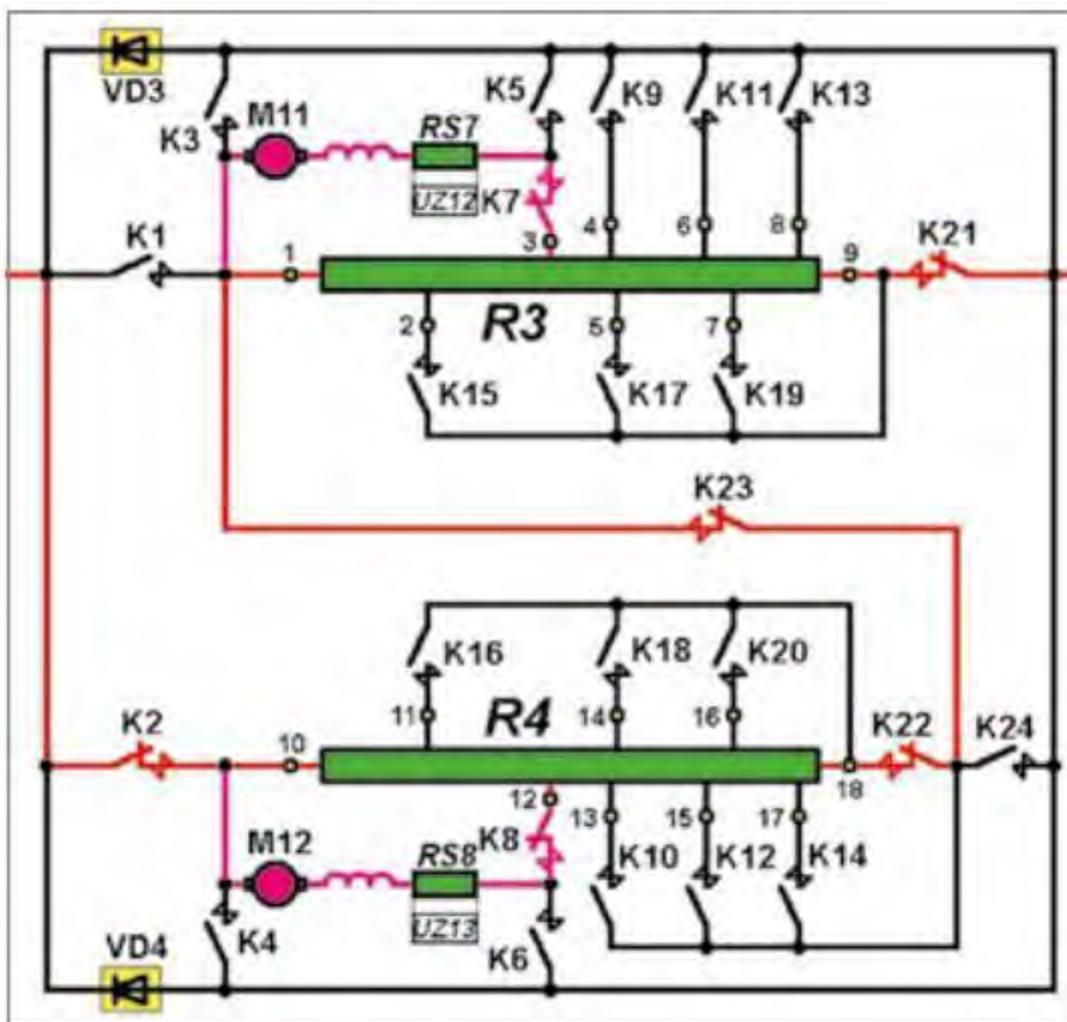


Рис. 3. Схема включения пусковых резисторов на электровозе 2ЭС6

- на 8-осном электровозе 2ЭС4К «Дончак» так же установлены четыре группы пусковых резисторов (рис. 4), однако каждая группа состоит из двух частей резисторов: в цепи 1-2 ТЭД - R10 и R11; в цепи 3-4 ТЭД - R20 и R21 (таким образом, в каждой секции электровоза установлено 4 двигателя охлаждения);

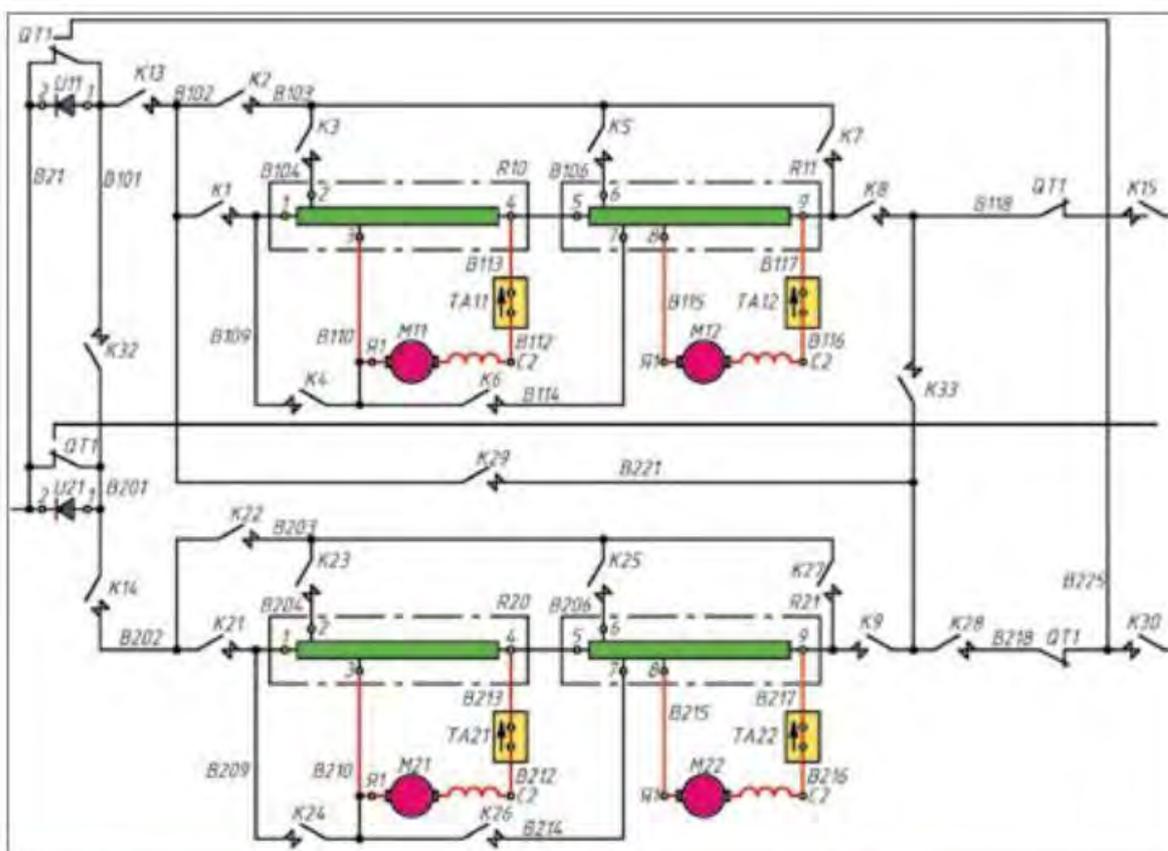


Рис. 4. Схема включения пусковых резисторов на электровозе 2ЭС4К «Дончак»

- на пассажирском 6-осном электровозе ЭП2К (рис. 5) к трем группам пусковых резисторов (R7, R8, R9) установлен еще общий резистор R6, разделенный на отдельные группы для каждой пары ТЭД (охлаждение пусковых резисторов осуществляется от своего двигателя; при этом двигатель M10 охлаждения резистора R6 включен в ту его часть, которая соединена с резистором R7 цепи 1-2 ТЭД).

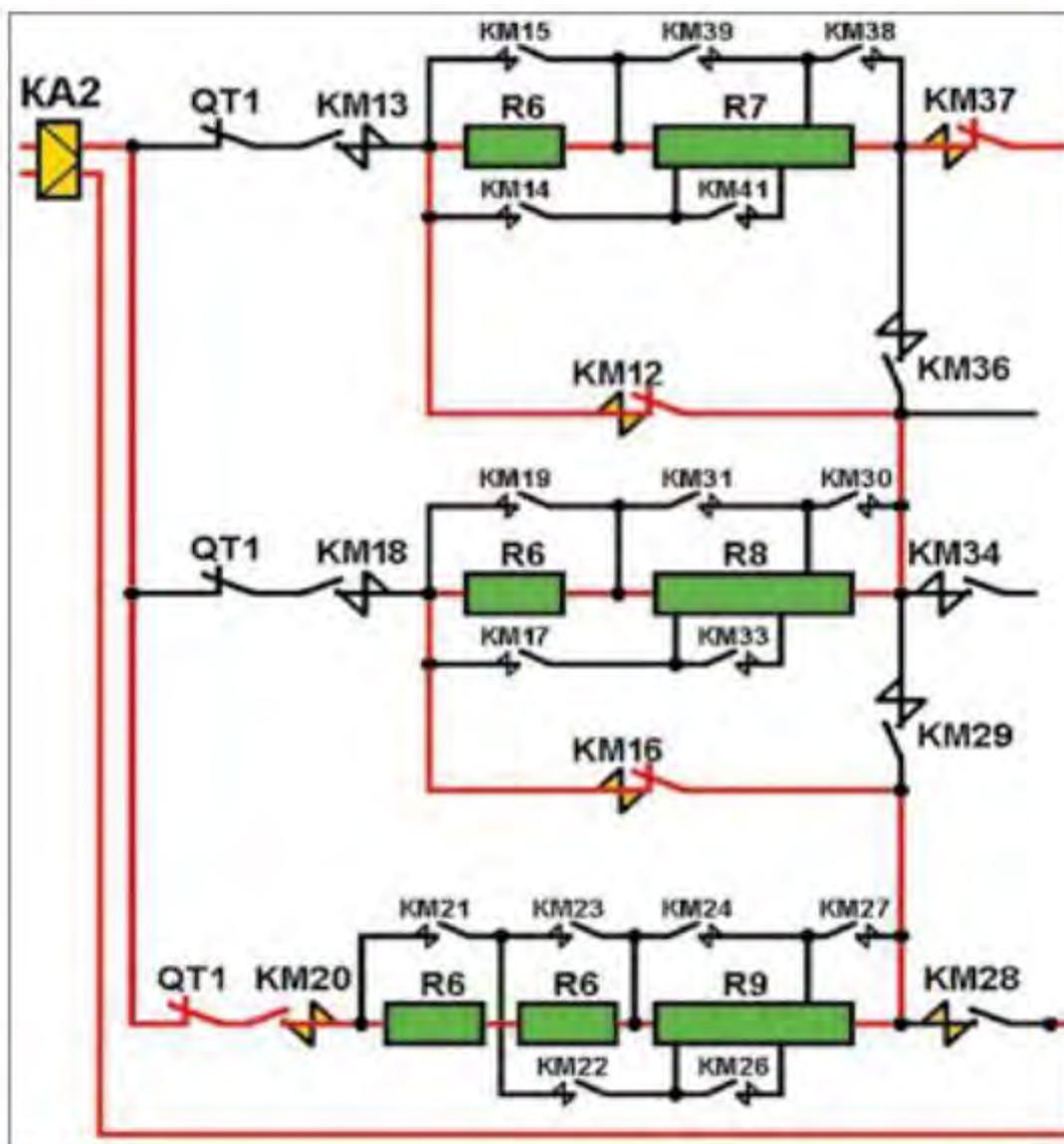


Рис. 5. Схема включения пусковых резисторов электровоза ЭП2К

Если же на локомотиве в силовой схеме предусмотрен переход по схеме моста, то пусковые резисторы включаются между тяговыми двигателями для создания мостовой схемы с уравнительным соединением.

Так, в силовой цепи ТЭД 8-осного пассажирского электровоза ЧС7 установлены четыре группы пускотормозных резисторов, имеющих одинаковую величину омического сопротивления (рис. 6). Однако на СП-соединении (с 21-й позиции) в работе остаются только две группы резисторов. Для автоматического охлаждения резисторов к каждой группе к выводам В1 и С2 подключен отдельный двигатель (рис. 7). При этом в режиме тяги, с целью сохранения напряжения на двигателе, секции В1-С2 резистора шунтируются секциями А-С через контакты 16-18 переключателя 071(2) «Х - Т». В режиме реостатного торможения контакт 16-18 размыкается, обеспечивая полный ток и напряжение на двигателе.

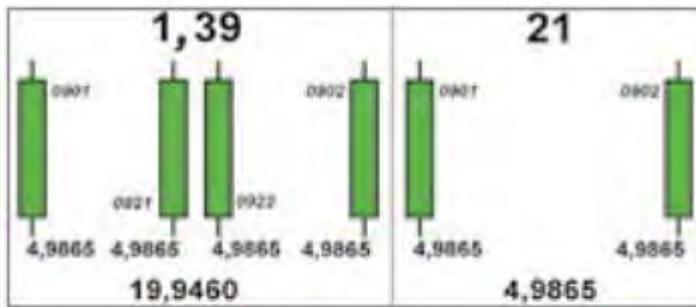


Рис. 6. Величина омического сопротивления пускотормозных резисторов электровоза ЧС7

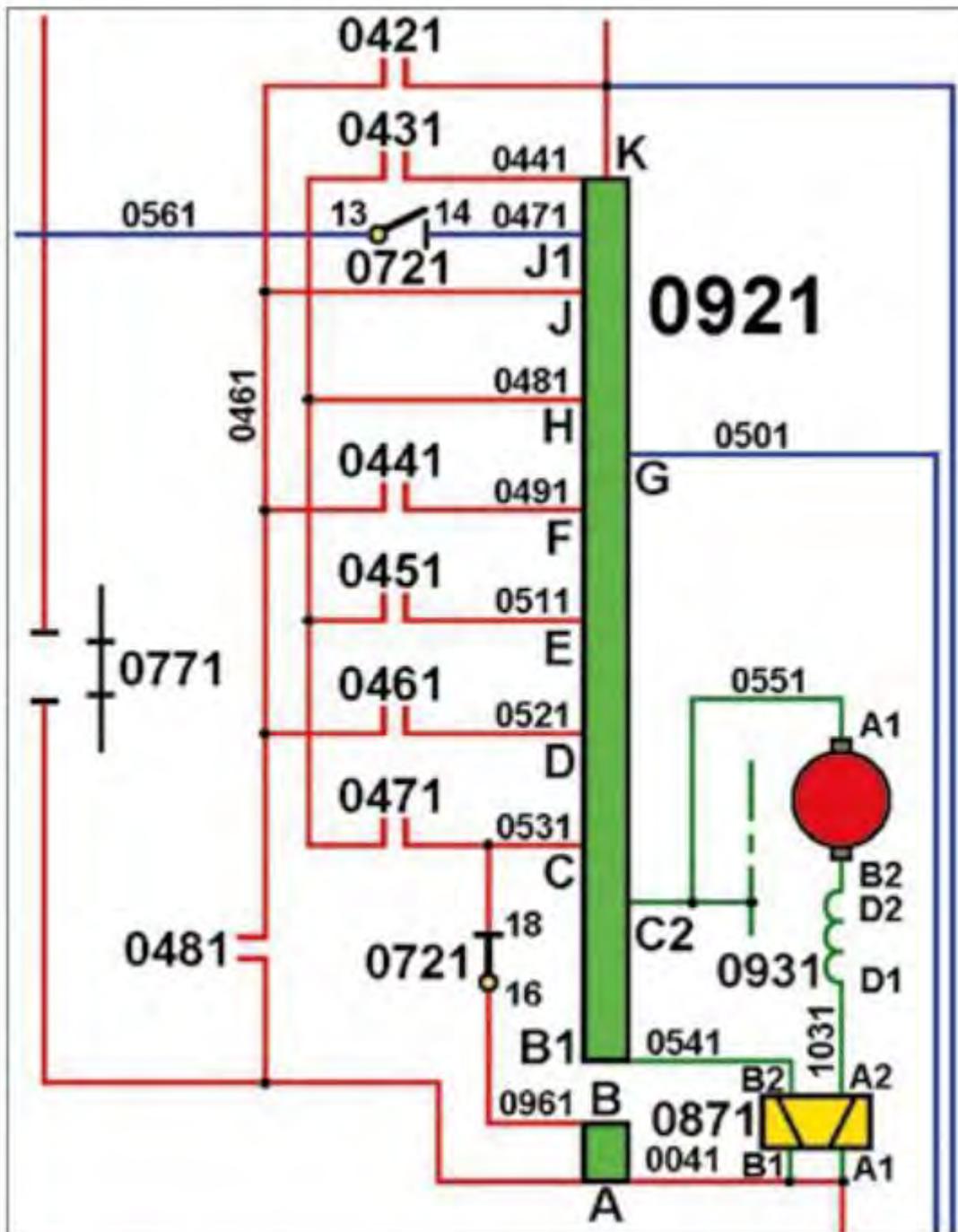


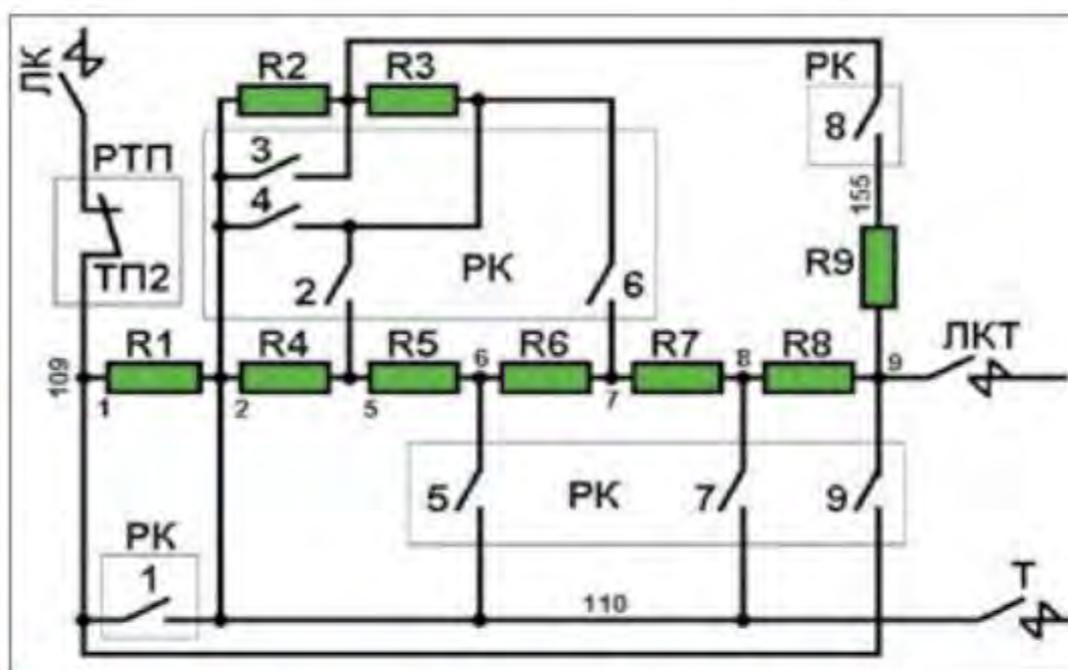
Рис. 7. Схема включения пускотормозного резистора на электровозе ЧС7

В заключение хотелось бы отметить особенности схем резисторов на электропоездах, в частности, на ЭД4М. При трогании электропоезда с места на положении «М» контроллера машиниста в силовой цепи включены только резисторы R1, R4 - R8 (рис. 8). Резисторы R2, R3 и R9 включаются позднее по так называемой «верньерной схеме», когда обходятся меньшим числом контакторов с целью повышения плавности пуска. При такой схеме отдельные секции пусковых резисторов могут быть соединены контакторами последовательно и параллельно. В частности:

-> на 2-й позиции выводится секция резистора R1;

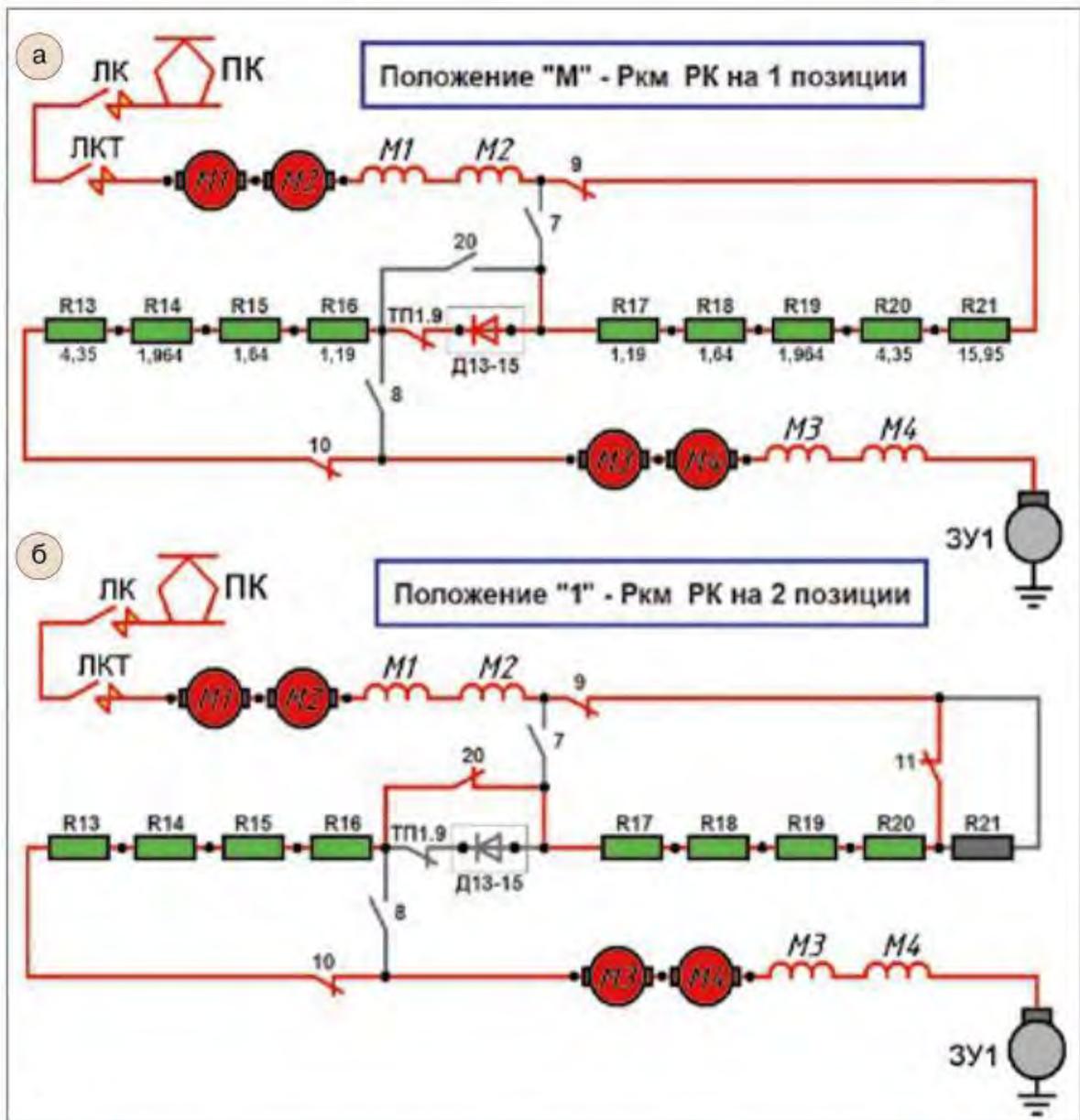
-> на 3-й позиции резисторы R2 и R3 подключаются параллельно резистору R4;

-> на 4-й позиции один резистор R3 подключен параллельно резистору R4 и так далее согласно диаграмме замыкания силовых элементов реостатного контроллера.



**Рис. 8. Схема включения пускотормозных резисторов на электропоезде ЭД4М**

На электропоездах ЭД4М № 0500 - 0503 и ЭП2Д с «мостовым переходом» в силовой цепи ТЭД установлены две группы пускотормозных резисторов. Однако в цепи добавлен еще и отдельный резистор R21, работающий на положении «М» контроллера машиниста для обеспечения плавности пуска (рис. 9,а). Этот резистор величиной 15,95 Ом выводится первым при вращении вала реостатного контроллера.



**Рис. 9. Схема включения пускотормозных резисторов на электропоезде ЭП2Д:**

а — при положении М вала реостатного контроллера; б — при положении 2 вала реостатного контроллера.

На 2-й позиции вала реостатного контроллера (рис. 9,б) включаются контакторные элементы РК11, шунтируя резистор R21, и РК20, шунтируя диоды Д15-Д14-Д13 с контактом ТП1.9. На последующих позициях происходит постепенное выведение пусковых резисторов (поочередно в каждой группе).

# К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРИОДИЧНОСТИ РЕМОНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЗОВ

**В.И. ГОРИН**, АО «ВНИИЖТ», г. Москва

В журнале «Локомотив» № 3, 2022 г. автором данной статьи был поднят вопрос о возможности и экономической целесообразности изменения существующего регламента и периодичности технического обслуживания отдельных узлов и агрегатов тепловоза [1]. Данный вопрос весьма непростой. Изменение существующего регламента - очень затратная процедура, поэтому просчеты в этом направлении могут привести к куда большим потерям, чем ожидаемый эффект. Даже для инициирования указанной процедуры нужна надежная, достоверная и относительно простая методика расчета ее экономической целесообразности. В данной статье предложены вариант такой методики и примеры расчета, выполненные по ней.

Оборудование тепловоза представляет собой совокупность различных агрегатов, систем, узлов, механизмов и просто деталей. Каждый из элементов этой совокупности производится различными изготовителями и поставляется в комплект тепловоза при его сборке. Любой элемент оборудования обладает своими показателями надежности, которые декларированы в сопроводительных документах на его поставку. Эти показатели индивидуальны для каждого узла и зачастую не совпадают по значениям с показателями надежности других элементов оборудования. Мало того, в состав одного узла или агрегата могут входить элементы с различными сроками службы.

Так, ресурс блока фильтров очистки воздуха дизеля практически не ограничен. В его состав входят сменяемые фильтрующие элементы с относительно коротким сроком службы, а также вентиляторы отсоса пыли из первой ступени фильтрации воздуха с пусть и высоким, но все же ограниченным сроком службы.

Периодичности обслуживания различных элементов разных узлов указаны в сопроводительных документах на их поставку. Там же приведены и необходимые условия эксплуатации этих элементов, при соблюдении которых декларированные параметры надежности будут гарантированы. Сроки обслуживания элементов, как правило, задаются Техническим заданием на создание соответствующего узла или агрегата и привязаны к срокам ремонта или технического обслуживания тепловоза в целом. Казалось бы, всё предельно просто - соблюдай условия эксплуатации и периодичность обслуживания соответствующего элемента, и безотказность его работы в

пределах назначенного срока службы будет гарантирована. Однако в действительности не все так очевидно.

Во-первых, привязка показателей надежности отдельных элементов оборудования к периодичности обслуживания тепловоза существенно ограничивает возможности конструктора при создании такого элемента. Для обеспечения показателей надежности конструктору нередко приходится идти на компромисс и жертвовать другими основными техническими показателями, в том числе массо-габаритными или показателями экономичности оборудования.

Однако и этого порой оказывается недостаточным. Дело усугубляется еще и тем, что проведение ресурсных испытаний - мероприятие дорогостоящее и продолжительное по времени. Не секрет, что в условиях сложившейся экономической ситуации в отечественном тепловозостроении и жесткой конкуренции среди производителей тепловозного оборудования проведение полномасштабных ресурсных испытаний делает нерентабельной или неконкурентоспособной их продукцию. В результате такие испытания проводятся или по укороченной программе, или же не проводятся вовсе.

Для снижения негативных последствий в конструкции по возможности закладываются заведомо завышенные параметры надежности. Если же этого сделать невозможно, то производители идут на определенные риски, полагаясь на интуицию и опыт создания подобной продукции. В результате на тепловозах появляются изделия с неопределенными параметрами надежности. Периодичности обслуживания таких изделий могут не совпадать с заявленными значениями как в ту, так и в другую стороны.

Во-вторых, условия эксплуатации тепловозов не всегда соответствуют декларированным в Руководстве по эксплуатации. Этому способствует ряд причин как объективного, так и субъективного характера.

К объективным причинам, снижающим (или увеличивающим) надежность оборудования, можно отнести повышенную запыленность воздуха, резкие перепады давления и температур атмосферного воздуха (актуально для эксплуатации тепловозов в условиях высоко- и среднегорья), профиль и состояние пути, вес перевозимых грузов, укомплектованность и квалификация персонала на станциях технического обслуживания и ремонтов, наличие необходимого инструмента и оборудования для проведения технического обслуживания и ремонтов и пр.

К субъективным причинам относятся несоблюдение сроков проведения технического обслуживания тепловозов, тщательность и аккуратность персонала при проведении технического обслуживания и ремонтов, несвоевременное пополнение запасных частей, инструмента и оборудования, использование запасных частей с ненадлежащими показателями надежности.

В-третьих, требования, предъявляемые к узлам и агрегатам перед их созданием, не всегда обоснованы и соответствуют реальным условиям эксплуатации. Нередко такие требования слишком жесткие. Например, большинство узлов и агрегатов тепловоза рассчитаны на эксплуатацию в экстремальных температурных условиях (от -40 до +40 °С) на высоте 1400 м над уровнем моря при максимальной загрузке дизеля продолжительное время. Экстремальные температуры атмосферного воздуха в условиях средней полосы России бывают крайне редко. На высоте 1400 м над уровнем моря температура воздуха не поднимается выше +25 °С, а при максимальной нагрузке тепловозные дизели работают менее 1 % времени в году, и единовременная продолжительность таких режимов редко превышает 15 мин.

Перефразируя известное выражение, можно сказать, что строгость требований к эксплуатации тепловозов смягчается необязательностью их исполнения. Мало того, именно избыточные требования, а точнее избыточные запасы, заложенные при проектировании оборудования, провоцируют необязательность исполнения даже тех требований, которые необходимо исполнять. Например, повсеместно наблюдается эксплуатация тепловозов в летнее время с недемонтированными утеплительными щитами и открытым межконтурным перепуском (незакрывающимся из-за неисправности запорной арматуры). Запасы охлаждающих устройств в сочетании с условиями работы тепловоза позволяют оставаться таким негативным явлениям незамеченными долгое время.

Бывают и случаи заниженных требований, предъявляемых к оборудованию тепловоза. Например, в силу конструктивных особенностей шахты охлаждающего устройства тепловоза 2ТЭ25КМ возникают нерасчетные режимы для работы вентиляторных установок (ВУ), установленных в таких шахтах. В результате при вращении лопастей вентиляторов образуются дополнительные знакопеременные нагрузки, которые существенно снижают надежность таких ВУ. Эти нагрузки не были учтены при формировании технических требований на создание мотор-вентиляторов. В дальнейшем потребовались дополнительные затраты времени и денежных средств для снижения негативных последствий от просчетов при проектировании тепловоза. Насколько это известно автору статьи, данная проблема остается нерешенной полностью и в настоящее время.

В-четвертых, некоторые неисправности, а точнее нарушения в работе тепловозного оборудования, не приводят к видимым отказам. Тепловоз по-прежнему может продолжать выполнять свою основную функцию, неся при этом дополнительные затраты, которые выражаются в перерасходе топлива на привод вспомогательного оборудования, перерасходе топлива из-за снижения экономичности дизеля или повышения риска сброса нагрузки в пути следования с составом на подъеме из-за перегрева воды или масла. Дополнительные экономические потери также могут выражаться в

увеличенном расходе масла на угар из-за износа уплотнительных колец или коренных или шатунных подшипников и пр. Некоторые нарушения в работе оборудования, обусловленные выработкой его ресурса, известны заранее и даже запланированы в предстоящих расходах.

В большинстве случаев выработка ресурса возникает непрерывно с момента начала эксплуатации тепловоза после его постройки или ремонта по нарастающей. После достижения некоторого предельного значения выработка ресурса переходит в разряд отказов. Существуют и скачкообразные случаи изменения технического состояния оборудования.

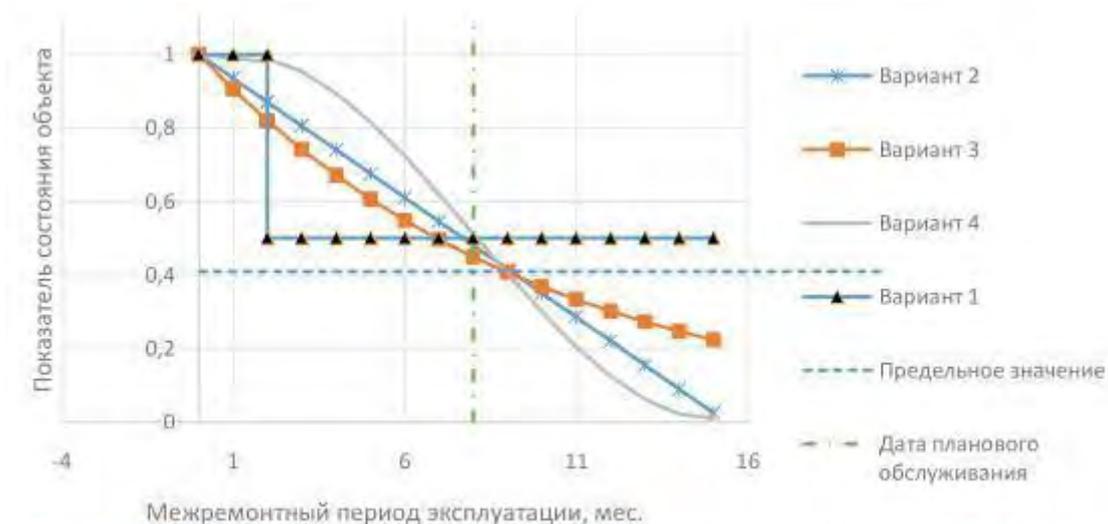
Для предотвращения отказов предусмотрена система обслуживания оборудования тепловоза планово-предупредительного характера. Данная система построена таким образом, чтобы свести к минимуму вероятность отказа оборудования в межремонтный период. При этом предполагается, что скорости достижения предельного состояния различных элементов оборудования тепловоза в межремонтный период известны.

Как было уже изложено выше, межремонтные сроки оборудования (межремонтные пробеги) назначаются с учетом декларированных параметров их надежности. С точки зрения сохранения надежности тепловоза в целом такой подход оправдан. Однако оправдан ли он с экономической точки зрения?

Из изложенного выше следует только один вывод: назначенные межремонтные периоды обслуживания различных элементов оборудования тепловоза не всегда обеспечивают требуемую надежность и экономичность при их эксплуатации. Оставляя за скобками проблемы обеспечения надежности тепловоза, попробуем разобраться с увеличением его экономичности благодаря оптимизации межремонтных периодов эксплуатации.

Прежде всего необходимо выделить объект исследований и показатель его состояния. Объектом исследования могут выступать любой агрегат, система, узел, механизм и просто деталь, входящая в состав тепловоза в целом или элемента его оборудования. За показатель состояния целесообразно выбрать некоторую безразмерную величину, прямо или косвенно связанную с количественной стороной, отвечающей за состояние объекта. Так, в качестве показателя состояния охлаждающего устройства тепловоза может быть использована его относительная теплорассеивающая способность (ТРС) - отношение текущего значения удельной ТРС к первоначальному (исходному или расчетному) значению. В качестве показателя состояния турбокомпрессора может быть использована относительная производительность его компрессорного колеса. В качестве показателя состояния фильтра тонкой очистки масла, топлива или воздуха - отношение исходного значения перепада давления к текущему и т.д.

Значение показателя состояния (обозначим его греческой буквой [эпсилон]) изменяется с течением времени. Изменения могут носить непрерывный или скачкообразный характер. Варианты изменения показателя состояния объекта от времени эксплуатации приведены на рис 1.



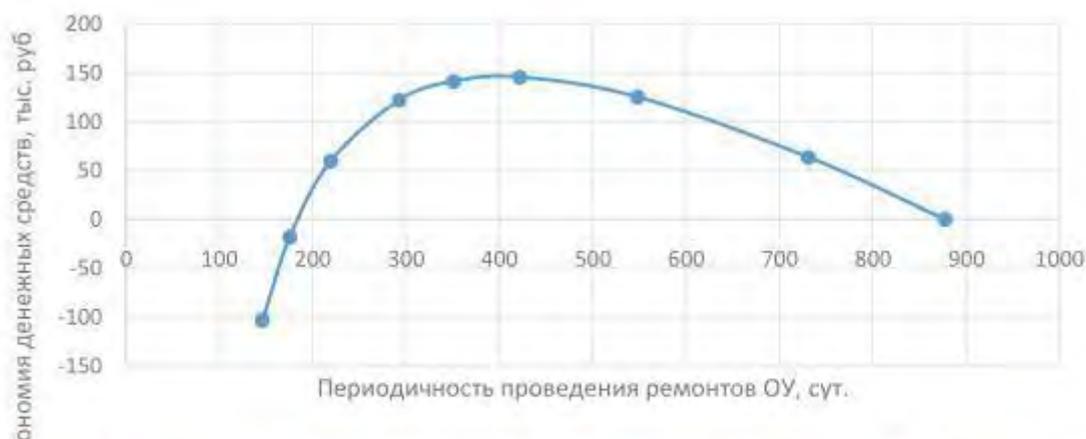
**Рис. 1. Варианты изменения значения показателя состояния объекта от времени эксплуатации тепловоза**

На этом рисунке зависимость по варианту 1 представляет собой скачкообразное изменение значения показателя состояния объекта исследований. Остальные зависимости представляют собой непрерывное изменение этого параметра. Значения зависимостей подобраны таким образом, что при любом характере изменения они не достигают предельного значения (горизонтальная пунктирная линия) до срока проведения планового обслуживания тепловоза (вертикальная штрих-пунктирная линия). При скачкообразном изменении параметра событие, нарушающее нормальную работу объекта исследований, происходит задолго до срока проведения обслуживания. Однако оно также не приводит к достижению его предельного состояния. Казалось бы, беспокоиться не о чем.

Как бы ни развивались события, неисправность в работе объекта исследований не приведет к отказу оборудования и тепловоза в целом. Однако в течение всего времени между возникновением неисправности (при непрерывном характере возникновение наступает сразу после начала эксплуатации) и до проведения планового ремонта неисправное состояние объекта сопровождается потерей какого-то ресурса тепловоза (чаще всего перерасходом топлива, масла или моторесурса дизеля), сопровождающееся увеличением рисков отказов с более серьезными последствиями. И если такие потери в денежном эквиваленте превышают затраты на unplanned ремонты, то не целесообразнее ли проводить такие ремонты, придав им статус плановых? Другими словами, правильно ли выбраны межремонтные сроки обслуживания различного оборудования тепловоза с экономической точки зрения? Рассмотрим такую целесообразность.

*[Полный текст статьи смотрите в журнальной версии]*

На рис. 3 в графическом виде показана зависимость экономической эффективности от изменения периодичности ремонтов охлаждающего устройства тепловоза 2ТЭ25КМ.



**Рис. 3. Зависимость экономической эффективности от изменения периодичности ремонтов охлаждающего устройства тепловоза 2ТЭ25КМ**

Как видно из данного рисунка, максимум растянут - максимальная экономия денежных средств ( $145 \pm 5$  тыс. руб.) - реализуется при частоте промывок от 330 до 430 суток. Это позволяет оптимизировать сроки проведения ремонтов в широком диапазоне периодов времени и назначать их в удобное время, приурочив их к очередному ремонту вида ТО-3. Таким образом, в межремонтный период (877 суток) целесообразно провести еще один неплановый ремонт охлаждающего устройства тепловоза (промывку секций водовоздушного радиатора) через 330 ... 430 суток после проведения последнего планового ремонта. Помимо экономии топлива, такой ремонт приведет к увеличению надежности элементов водяной системы тепловоза и к сокращению рисков сброса нагрузки дизеля в пути следования тепловоза с составом.

Узким местом во втором примере являются значения коэффициента в функции показателя состояния ОУ от времени ( $[\text{эпсилон}] = 1 - 0,0004T$ ), выражающего собой скорость снижения ТРС. Значение принято по данным [6]. В действительности указанная функция в настоящее время изучена слабо. Это связано с определенными методическими и экономическими проблемами [1], которые долгое время не позволяли достаточно корректно проводить обработку статистического материала, чтобы оценить среднюю скорость снижения ТРС ОУ тепловозов в эксплуатации. В последнее время на тепловозах стали широко применять бортовые автоматические системы контроля (АСК), позволяющие делать такую оценку.

*О методике оценки скорости снижения ТРС ОУ тепловоза 2ТЭ25КМ с помощью бортовой системы АСК (МСУ-Т) будет рассказано в следующих статьях.*



# ЛОКОМОТИВЫ ИСПАНИИ

(Окончание. Начало см. «Локомотив» № 7, 2022 г.)

**Ю.Л. ИЛЬИН**, инженер, г. Санкт-Петербург, фото автора  
**Тепловозы серии 319.** Пожалуй, наиболее сложной для изучения является серия тепловозов 319, так как под этим наименованием было объединено несколько сильно отличающихся по конструкции локомотивов (рис. 4). Роднит их только то, что все они были построены с американскими дизелями компании EMD, с 6-осной экипажной частью и имеют электрическую передачу. В Испании различают несколько вариантов этих машин: 319 первоначального выпуска, 319-200, 319-300 и 319-400.



**Рис. 4. Магистральный тепловоз 319-410-7 в локомотивном депо Миранда-де-Эбро**

К первоначальному выпуску относились фактически две конструктивно различных серии локомотивов. Во-первых, в 1965 г. фирма General Motors поставила 10 капотных тепловозов, которые позднее были обозначены номерами с 319-061 по 319-070. Эти тепловозы были выгружены в Валенсийском порту Эль-Грао в августе 1965 г. С 27 февраля 1966 г. началась эксплуатация этих машин. В то время они были приписаны к депо Мадрид-Аточа и эксплуатировались на линии Мадрид - Барселона.

Примерно в тот же период 93 тепловоза были изготовлены испанской фирмой MACOSA в Валенсии. Эти машины были выпущены с кузовами вагонного типа и с двумя кабинами. Они были изготовлены с 1965 по 1972 гг. Для их обозначения использовались два диапазона номеров: с 319-001 по 319-060 и с 319-071 по 319-103.

В 1980-е годы эти локомотивы использовались для вождения грузовых поездов между Теруэллем и Пуэрто-де-Эскандон. Здесь применялась кратная тяга: два тепловоза в голове поезда и два локомотива на подталкивании в хвосте состава. В 1991 - 1993 гг. тепловозы серии 319 водили рабочие поезда, занятые на строительстве высокоскоростной магистрали Мадрид - Севилья.

В 1982 г. было решено капитально реконструировать 20 тепловозов серии 319. Реконструкцию в 1984 - 1985 гг. выполнила фирма MACOSA. Затем было реконструировано еще 38 тепловозов. В результате реконструкции появилась серия 319-200, состоявшая из 58 локомотивов, которая использовалась для тяги грузовых поездов. В это число входило 8 локомотивов колеи 1435 мм, которые предназначались для работы на высокоскоростных линиях, которые строились со степенсоновской колеей.

Затем путем реконструкции ранее эксплуатировавшихся тепловозов фирма Meinfesa в 1991 - 1992 гг. выпустила 40 локомотивов серии 319-300. Эти тепловозы предназначались для обслуживания пассажирских поездов. Для них была установлена максимальная скорость 140 км/ч. Позднее часть парка тепловозов серии 319 была продана в Аргентину.

В 1992 г. появилась серия 319-400, состоящая из 10 локомотивов, которые были предназначены для грузовой службы. Основное отличие этих машин от других локомотивов серии 318 - наличие микропроцессорной системы, препятствующей боксованию колесных пар. В табл. 3 приведены основные технические характеристики магистральных тепловозов серий 319-400, 321 и 333-300.

Таблица 3

**Технические характеристики магистральных тепловозов  
серий 319-400, 321, 333-300**

Характеристики	Серии тепловозов		
	319-400	321	333-300
Изготовитель	MACOSA, Meinfesa, MTM, Wesa, GM	ALCO, CAF, SECN, Euskalduna	Alstom/Vossloh (реконструкция)
Число построенных или реконструированных локомотивов, шт.	10	80	61
Годы выпуска	1992 — 1993	1965 — 1971	2001 — 2007 (реконструкция)
Тип дизеля	GM 16-645-E	ALCO 251-C	GM 16-645-E-3
Число цилиндров и их расположение	16, V-образное	12, V-образное	16, V-образное
Тип передачи	электрическая		
Диаметр колес, мм	1067	1016	1067
Длина локомотива по буферам, мм	19500	18567	22330
Мощность, л.с.	2230	2180	3345
Максимальная скорость, км/ч	120		
Вес в рабочем состоянии, т	116	111	120
Нагрузка на ось, тс	19,3	18,5	20
Возможность работы по системе многих единиц	да		

**Тепловозы серии 321.** В 1962 г. в Испании еще господствовала паровая тяга. На сети имелось 3203 паровоза, которые выполняли в масштабах сети 63 % перевозок. Электровозы выполняли 27,8 % перевозок, а на тепловозную тягу приходилось около 9 %. Вскоре был принят Десятилетний план модернизации RENFE, охвативший период с 1964 по 1973 гг. В этом документе видное место уделялось переводу части магистралей на тепловозную тягу.

Был проведен конкурс на приобретение для RENFE магистральных тепловозов, в результате которого было решено приобрести 60 локомотивов фирмы ALCO. Позднее было заказано еще 20 таких локомотивов и, таким образом, их общий парк составил 80 машин. Первоначально тепловозам была присвоено серия 2100, а позднее обозначение сменили на серию 321.

Фирма-производитель присвоила новым машинам свое обозначение - DL500S, что указывало на то, что эти тепловозы представляли собой разновидность ранее уже поставлявшихся в Испанию тепловозов DL500C.

Основные изменения коснулись компоновки и внешнего вида тепловозов. Тепловозы DL500С имели характерную обтекаемую носовую часть с расположенной за ней основной кабиной машиниста. С противоположной стороны локомотива (со стороны перехода в другую секцию) находилась довольно тесная вспомогательная кабина машиниста.

Для эксплуатации такая компоновка оказалось неудобной, поэтому был спроектирован магистральный локомотив с двумя кабинами. Так появился тепловоз DL500S. Его дизайн был менее эффектен, но зато локомотив был более удобен в эксплуатации. Кроме того, мощность дизеля была увеличена до 2180 л.с. Максимальная скорость - 120 км/ч.

Договор на поставку тепловозов серии 2100 был заключен 10 июля 1964 г. Фирмы ALCO и верфи Euskalduna обязались поставить RENFE 60 магистральных тепловозов. Первые 8 тепловозов были построены на заводе в Скенектади в США. Они прибыли в Испанию в порт Сестао в январе 1965 г. Испытания прибывших локомотивов были выполнены на железнодорожных участках, примыкающих к станции Миранда-де-Эбро. Затем новые машины стали эксплуатироваться в локомотивном депо Оренсе.

Остальные 52 тепловоза были построены тремя испанскими производителями: Euskalduna, SECN, а также CAF. Привлечение к изготовлению локомотивов еще двух фирм было обусловлено тем, что компания Euskalduna передала изготовление части полученного ей заказа на субподряд другим испанским компаниям.

В конце 1965 г. на RENFE поступили первые 5 тепловозов серии 2100, выпущенные в Испании. В 1966 г. и в начале 1967 г. были поставлены все остальные тепловозы первого заказа. Поскольку приобретенные машины показали хорошие результаты, было решено закупить еще 20 локомотивов той же серии. Все они были построены на верфях Euskalduna. Поставка этих локомотивов продолжалась с февраля 1969 г. по март 1971 г. Они поступили для эксплуатации в локомотивное депо Мадрид-Аточа.

На сети RENFE тепловозы серии 2100 использовались как для грузовой, так и пассажирской службы во многих регионах страны. Их активное использование на Испанских железных дорогах продолжалась по 1990-е годы включительно. Впрочем, в тот период парк тепловозов серии 321 заметно сократился. В 1994 г. тепловозы № 2129 и 2176 были проданы компании Patagonian Railway Services и отправлены в Аргентину.

Затем в июле 1995 г. еще 20 локомотивов этой серии были проданы для эксплуатации в Аргентине. С 1999 г. эти машины принадлежали компании America Latina Logistica.

По состоянию на конец 1995 г. после продажи части локомотивов в Аргентину в парке RENFE оставалось 34 тепловоза данной серии. Они были

приписаны к депо Севилья, Оренсе, Барселона, Миранда-де-Эбро и Валенсия.

В 1997 г. в эксплуатации оставалось 24 тепловоза, они использовались для ремонта и обслуживания железнодорожной инфраструктуры. К концу 2015 г. число эксплуатируемых машин сократилось до семи.

В 2017 г. два тепловоза № 2148 и 2150 были приобретены компанией ALSA Rail и стали использоваться для тяги туристических поездов. По состоянию на осень 2019 г. 4 тепловоза серии 321 находились в депо и на станции Миранда-де-Эбро, а еще 2 локомотива - на станции Леон (рис. 5).



**Рис. 5. Магистральный тепловоз 321-044-0 на станции Миранда-де-Эбро**

**Тепловозы серии 333.** В начале 1970-х годов Испанские железные дороги продолжили заказы магистральных тепловозов. На этот раз было решено приобрести локомотивы, подобные серии MZ I Датских железных дорог, выпускавшихся шведской фирмой NOHAB, начиная с 1967 г. Стоит отметить, что завод NOHAB на протяжении длительного периода активно сотрудничал с американской фирмой General Motors, которая поставляла дизели для изготавливаемых в Швеции локомотивов. В послевоенный период фирма NOHAB получила известность как поставщик магистральных тепловозов для железных дорог Дании, Норвегии и Венгрии.

Однако для RENFE тепловозы было решено изготовить в самой Испании на предприятии фирмы MACOSA. С 1974 по 1976 гг. по лицензиям фирм General Motors и NOHAB компания MACOSA выпустила 93 магистральных тепловоза, которые были обозначены серией 333 (рис. 6). Локомотивы имели

электрическую передачу переменного-постоянного тока и максимальную скорость 146 км/ч.



**Рис. 6. Магистральный тепловоз 333-371-3 и другие машины той же серии на станции Леон**

Тепловозы серии 333 использовались как для грузовой, так и пассажирской службы. Например, они водили экспресс Барселона - Ла-Корунья.

Начиная с 1990-х годов машины серии 333 подвергались различным модернизациям, в результате чего появилось несколько разновидностей этих локомотивов. Уже в 1990-х годах появились варианты 333-100 и 333-200, под которые были подкачены новые тележки. По первому варианту модернизировали 8 тепловозов, по второму - 4 локомотива. Между собой они отличались максимальной скоростью. Для серии 333-100 была установлена максимальная скорость 140 км/ч, а для серии 333-200 - 160 км/ч.

В 1999 г. RENFE совместно с французской фирмой Alstom пришли к выводу о том, что капитальный ремонт и модернизация тепловозов серии 333 может продлить их срок службы еще на 20 - 25 лет. За основу реконструкции приняли конструкцию тепловозов Prima, выпуск которых в то время был начат фирмой Alstom.

В феврале 2000 г. с фирмой Alstom был подписан контракт на модернизацию первой партии из 32 локомотивов стоимостью 48 млн евро. Для тепловозов были изготовлены новые кузова и тележки. Иными словами, степень модернизации была очень высокой. Работы по реконструкции первой партии локомотивов проводились с 2001 по 2003 гг. Поскольку модернизированные

машины показали себя вполне удовлетворительно, в 2005 - 2007 гг. реконструировали еще одну партию тепловозов.

В результате указанной модернизации появились две новые разновидности тепловозов, получившие обозначения 333-300 и 333-400, которые насчитывали, соответственно, 61 и 8 локомотивов. Максимальная скорость тепловозов 333-300 составляла 120 км/ч, а локомотивов 333-400 - 140 км/ч.

**Тепловозы серии 334.** Самыми современными и скоростными тепловозами на дорогах Испании являются локомотивы серии 334, выпущенные в 2006 - 2008 гг. фирмой Vossloh Espana. Выбор этой фирмы был не случаен, так как к тому времени завод уже поставлял магистральные тепловозы для Великобритании и Израиля.

Всего по заказу RENFE, выданному в 2004 г., было построено 28 локомотивов с осевой формулой В(0) -В(0), имеющих обозначение завода-изготовителя Euro 3000. На этих локомотивах используется 12-цилиндровый 2-тактный дизель фирмы General Motors мощностью 3400 л.с. Длина локомотива - 21500 мм; масса - 80 т; максимальная скорость - 200 км/ч.

Хотя тепловозы были новыми, для них использовались некоторые узлы, демонтированные с тепловозов серии 319-300. Это касалось, в частности, тяговых генераторов, а также оборудования для отопления.

Данные тепловозы задействованы для тяги скорых поездов, в том числе сочлененных составов Talgo. Эти локомотивы стали использоваться для поездов, поддерживающих сообщение между Мадридом, Мурсией и Картахеной.

**Электрификация железных дорог Испании.** Первая железная дорога широкой колеи в Испании была электрифицирована в 1911 г. Речь идет об участке Линарес - Альмерия протяженностью 20 км. На ней использовалась трехфазная система электрификации 6000 В, 25 Гц, которая требовала подвески двух контактных проводов. В качестве третьей фазы служили рельсы. На линии применялись электровозы постройки швейцарской фирмы Brown Boveri & Cie. Линия служила для транспортировки железной руды. В 1966 г. данный участок был переведен на тепловозную тягу.

Большую роль в развитии электрификации сыграла железнодорожная компания Compañia de los Caminos del Hierro del Norte de Espana, которую часто именовали Norte, то есть Северная железная дорога. Эта магистраль представляла собой одну из крупнейших транспортных компаний, которая имела линии, которые выходили как к Средиземному морю, так и к Бискайскому заливу Атлантического океана.

На сети Norte важное значение имел участок Леон - Хихон, по которому осуществлялся экспорт угля, отправлявшегося далее морскими судами. Часть этого участка проходила по горной местности. С 1914 г. стал прорабатываться вопрос электрификации участка этой линии длиной 62 км,

расположенного в Астурии. По предложению американской фирмы General Electric предпочтение было отдано применению постоянного тока напряжением 3000 В.

Электрифицированная линия была сдана в эксплуатацию 1 января 1925 г. В железнодорожном музее Мадрида экспонируется магистральный электровоз № 6005 (1923 г.) фирм General Electric и ALCO, который эксплуатировался на горном участке магистрали Леон - Хихон, электрифицированном на постоянном токе напряжением 3000 В (рис. 7).



**Рис. 7. Магистральный электровоз № 6005 (1923 г.) фирм General Electric и ALCO в железнодорожном музее Мадрида**

Успешный опыт электрификации этого горного участка побудил компанию Norte приступить к электрификации других линий своей сети. Примечательно, что при дальнейшей электрификации стал использоваться постоянный ток напряжением 1500 В. Стоит отметить, что очень похожая ситуация наблюдалась в 1930-е годы в СССР, где пригородные участки электрифицировали на напряжение 1500 В, а магистрали с преимущественно грузовым движением - на 3000 В постоянного тока.

В Испании в 1927 г. на постоянном токе 1500 В электрифицировали линию Барселона - Манреса протяженностью 64 км, а затем в 1928 г. продлили электрификацию от Манресы до станции Сан-Хуан-де-лас-Абадесас еще на 42 км. Кроме того, в 1928 г. вступил в строй электрифицированный участок Альсасуа - Ирун протяженностью 106 км.

В связи с Гражданской войной в Испании во второй половине 1930-х годов работы по электрификации были приостановлены.

2 марта 1940 г. была создана Комиссия по исследованиям и проектам электрификации железных дорог, которая стала заниматься реконструкцией линий как широкой, так и узкой колеи. Комиссия пришла к выводу о том, что электрификация по сравнению с другими способами увеличения провозной способности линий является наиболее экономически целесообразным решением. Тогда же был составлен проект Генерального плана электрификации железных дорог 1940 г. В этом документе предполагалось выполнить электрификацию железных дорог в два этапа. На первом этапе подлежали электрификации 2649 км линий, а на втором - 4181 км. Ставилась цель электрифицировать основные линии, подходившие к морским портам.

В связи с образованием в 1941 г. национальных железных дорог, получивших обозначение RENFE, комиссия была ликвидирована. В 1942 г. в структуре RENFE был создан Электрический дивизион, который стал заниматься как эксплуатацией уже существовавших в то время электрифицированных линий, так и планированием дальнейшей электрификации.

Впрочем, в действительности электрификация шла довольно медленно. 26 апреля 1944 г. была сдана в эксплуатацию линия от Мадрида через Эль-Эскориал до Серседильи.

В 1945 г. контактную сеть довели до Авилы. В том же году был принят амбициозный Генеральный план электрификации, которым планировалось перевести на электротягу 4500 км линий. В этом документе уже речь шла об электрификации на постоянном токе напряжением 3000 В. Фактически же в 1943 - 1947 гг. для электрификации новых линий продолжали применять постоянный ток напряжением 1,5 кВ. Первые, в послевоенный период, участки на постоянном токе 3 кВ были сданы в 1954 - 1955 гг. С этого времени электрификация на напряжение 3 кВ в Испании стала доминирующей. Впрочем, участки, где применялось напряжение 1,5 кВ, еще долгое время эксплуатировались без реконструкции.

В 1949 г. для RENFE был принят Генеральный план реконструкции, которым предполагались инвестиции в размере 5 млрд песет. В этот план входила электрификация 1100 км магистралей. На это были запланированы инвестиции в размере 1 млрд песет.

В 1954 г. вошли в строй электрифицированные участки Торре - Понферрада и Рейноса - Сантандер. В 1955 г. электрифицировали 282 км железнодорожных линий в Астурии, Сантандере и Галисии.

В 1958 г. утвердили Пятилетний план модернизации, который предусматривал инвестиции в размере 24,7 млрд песет. В том же году было электрифицировано 140 км линий в Каталонии.

В 1964 г. был принят к исполнению 10-летний план модернизации, который охватывал период с 1964 по 1973 гг. Намечалось перевести на электротягу

473,1 км двухпутных линий и 159,8 км однопутных. Согласно этому плану предусматривался переход на тепловозную и электрическую тягу. Предполагалось приобрести 81 новый электровоз.

В 1966 г. вступила в строй электрификация на участках Авила - Вента-де-Баньос и Медина-дель-Кампо - Тионтарес.

15 марта 1974 г. был утвержден очередной План электрификации RENFE на 1974 - 1977 гг., в котором ставилась задача электрифицировать 2757 км железнодорожных линий. В период с 1973 по 1981 гг. в Испании были достигнуты наивысшие в истории темпы электрификации, которых не было ни раньше, ни позже рассматриваемого периода. К 1981 г. все основные важнейшие магистрали Испании были уже электрифицированы.

Стоит упомянуть, что 23 июня 1975 г. на линиях широкой колеи RENFE прекратилось использование паровозов (если, конечно, не считать отдельные поездки паровозов на ретро-турах). Это означало, что в Испании был завершен переход на тепловозную и электрическую тягу.

Электрификация железных дорог позволила Испанским железным дорогам справиться со значительным ростом пассажирских перевозок, который наблюдался с 1987 по 1995 гг.

В 1988 г. испанское правительство приняло решение о том, что новые линии ВСМ будут строиться со стефенсоновской колеей 1435 мм, а не с испанской колеей 1668 мм. Новые линии сразу же строили электрифицированными на переменном токе 25 кВ, 50 Гц. В 1992 г. вступила в строй первая ВСМ Мадрид - Севилья протяженностью 470 км.

С 2005 г. подобно другим странам Евросоюза начинается либерализация железнодорожной отрасли. RENFE перестает быть монополистом как перевозчик, постепенно появляются другие компании, которые занимаются железнодорожными перевозками.

В 2008 г. на ВСМ Мадрид - Барселона была достигнута скорость 403,7 км/ч. В табл. 4 приведены основные сведения о протяженности электрифицированных линий RENFE и RENFE-ADIF (без учета ВСМ).

Таблица 4

**Сведения о протяженности электрифицированных линий  
RENFE и RENFE-ADIF (без учета ВСМ)**

Годы	Протяженность электрифицированных линий, км	Процент электрифицированных линий от общей протяженности железных дорог
1941	444	3,5
1953	722	5,5
1954	1017	7,7
1968	3140	22,9
1969	3141	22,9
1972	3143	23,2
1973	3433	25,6
1981	6156	45,5
1982	6185	45,6
2010	6529	55,6

Следует отметить, что ход электрификации железных дорог в Испании в период с 1941 по 2010 гг. был далеко неравномерным. В начальный период, с 1941 по 1953 гг., электрификация шла медленно. Значительное ускорение перевода линий на электротягу произошло с 1954 по 1968 гг. В тот период для этих целей использовались американские кредиты и другие источники. Затем с 1969 по 1972 гг. темпы электрификации сильно упали. Новый подъем начался с 1973 г. и продолжался по 1981 г.

В последующий период протяженность электрифицированных линий была почти постоянной. С 1992 г. основные работы по электрификации проводились на вновь строящихся ВСМ. Анализ статистики показывает, что подавляющее большинство работ по электрификации было выполнено с 1954 по 1968 гг. и с 1973 по 1981 гг. За эти периоды времени было электрифицировано 89,2 % от общей протяженности магистралей, имеющих контактные провода.

**Электровозы серии 250.** С 1982 г. начались поставки грузовых электровозов серии 250 типа С(0) -С(0). Эти локомотивы были спроектированы немецкой фирмой Krauss-Maffei, которая изготовила первые пять машин этой серии. Электрическое оборудование для этих локомотивов было изготовлено швейцарской фирмой Brown Boveri & Cie.

Затем электровозы выпускались испанской фирмой CAF. Всего по 1987 г. железные дороги Испании получили 40 локомотивов этой серии.

Вес электровоза в рабочем состоянии равнялся 124 т, мощность - 4600 кВт. Первоначально максимальная скорость при тяге пассажирских поездов составляла 160 км/ч, позднее она была ограничена 140 км/ч. В начальный период эксплуатации локомотивы использовались для тяги пассажирских поездов, однако позднее все локомотивы данной серии были переведены на работу с грузовыми поездами, где их максимальная скорость была ограничена. Что касается тяги пассажирских составов, то для этой службы стали использоваться электровозы серии 252.

С начала 1990-х годов электровозы серии 250 эксплуатировались в Валенсии. В конце 2000-х годов электровозы этой серии из-за нехватки запасных частей постепенно стали отставать от работы. В апреле 2010 г. эксплуатация электровозов этой серии была прекращена.

Как видно, опыт эксплуатации электровозов серии 250 оказался неудачным - эти машины были отправлены в металлолом до истечения их срока службы.

**Электровозы серии 251.** В начале 1980-х годов Испанские железные дороги продолжили сотрудничество с японской фирмой Mitsubishi Electric Corporation, которая в 1982 г. изготовила первые два 6-осных электровоза серии 251. 30 апреля 1982 г. судно «Sweet Flag» доставило эти два локомотива в порт Барселоны, где они были выгружены и затем отправлены в г. Беасайн для подготовки к испытаниям. Испытания проводились на линии Бусдонго - Пола-де-ла-Лена, где уклоны достигали 0,020.

Электровозы серии 251 были спроектированы на основе электровозов серии EF66 Японских национальных железных дорог. Прототип, первоначально обозначенный как EF90 1, был построен фирмой Kawasaki Sharyo в 1966 г. Серийные локомотивы серии EF66 были выпущены двумя партиями. Одна из них была изготовлена с 1968 по 1975 гг., а вторая - с 1989 по 1991 гг. Всего с учетом прототипа было построено 89 электровозов.

Однако, если локомотивы, эксплуатировавшиеся в Японии, предназначались для узкой колеи 1067 мм, то испанские машины работали на линиях широкой колеи 1668 мм.

Серийное производство электровозов серии 251 в Испании было организовано на заводах фирм CAF и MACOSA. С 1982 по 1984 гг. эти компании изготовили 28 машин этой серии. Таким образом, с учетом поставленных из Японии двух локомотивов, общий парк электровозов серии 251 насчитывал 30 локомотивов. Часовая мощность электровоза составляла 4980 кВт.

Максимальная скорость была установлена 160 км/ч, но в дальнейшем ее уменьшили до 140 км/ч.

Электровозы водили тяжеловесные (по меркам Испании) поезда массой до 2000 т. Впрочем, нужно учитывать горный профиль многих линий и то, что

на RENFE широко используется винтовая стяжка, которая также ограничивает вес поездов. Электровозы серии 251 продолжают эксплуатироваться на сети RENFE (рис. 8).



**Рис. 8. Магистральный электровоз 251-020-4 на станции Леон**

**Электровозы серии 252.** В 1989 г. локомотивный парк RENFE было решено пополнить скоростными пассажирскими электровозами, способными развивать скорость 220 км/ч. За основу их конструкции был принят электровоз серии 120 Германских федеральных железных дорог. Стоит сказать несколько слов об этих немецких машинах. Электровозы серии 120 стали первыми в мире серийными электровозами с асинхронным тяговым приводом. Первый электровоз этой серии 120 001 был передан в эксплуатацию на Германские федеральные железные дороги в мае 1979 г. Всего с 1979 по 1989 гг. на железные дороги Германии поступили 65 электровозов этой серии. Таким образом, в качестве прототипа для своего заказа специалисты RENFE выбрали один из наиболее передовых локомотивов того времени.

Первые 15 электровозов серии 252 (рис. 9) изготовили немецкие фирмы Siemens и Krauss-Maffei. Еще 60 локомотивов этой серии по лицензии выпустили испанские фирмы CAF и MACOSA. Таким образом, всего Испанские железные дороги получили 75 электровозов этой серии, из которых 15 машин предназначались для эксплуатации на линиях колеи 1435 мм, а остальные - на колее 1668 мм.



**Рис. 9. Пассажирский электровоз 252-039-3 на станции Миранда-де-Эбро**

С 1991 г. электровозы серии 252 начали поступать в эксплуатацию. С 31 мая 1992 г. эти машины стали водить пассажирские поезда по маршруту Мадрид - Малага. В мае 1994 г. на ВСМ Мадрид - Севилья электровоз 252-009 установил испанский рекорд скорости для локомотива - 303 км/ч. Электровоз следовал с составом из экспериментальных вагонов Talgo Pendular.

С декабря 2010 г. несколько электровозов серии 252 колеи 1435 мм водят грузовые поезда между портом Барселона и г. Перпиньян во Франции.

В настоящее время в эксплуатации остается 60 электровозов этой серии (5 электровозов были списаны из-за крушений и пожаров, еще 10 локомотивов находятся в нескольких депо в недействующем состоянии).

**Электровозы серии 253.** К числу наиболее современных грузовых локомотивов Испании относятся электровозы серии 253, изготовленные фирмой Bombardier Transportation (рис. 10). Конкурс на поставку 100 новых грузовых электровозов был проведен в 2006 г. Победителем этого конкурса стала фирма Bombardier Transportation, которая обязалась поставить грузовые электровозы типа F140DC, принадлежащих к семейству локомотивов TRAXX и оборудованных асинхронным тяговым приводом. Мощность электровоза составляет 5400 кВт, максимальная скорость - 140 км/ч.



Сборка 55 электровозов серии 253 была выполнена на заводе Bombardier Transportation в Вадо-Лигуре, расположенном в Италии около Генуи. Остальные локомотивы были собраны в мастерских RENFE Integria, расположенных в Вильяверде, представляющем собой один из районов Мадрида.

Здесь стоит сделать пояснение: в прошлом завод в Вадо-Лигуре принадлежал компании Tescomasio Italiano Brown Boveri и на протяжении почти всего XX века являлся одним из основных поставщиков магистральных электровозов для итальянских железных дорог. В 2001 г. завод вошел в состав Bombardier Transportation Italy и продолжил выпускать электровозы.

Техническое обслуживание парка имеющихся у RENFE электровозов серии 253 осуществляется в мастерских Вильяверде и Викальваро, расположенных в Мадриде, а также в мастерских Кан-Тунис в Барселоне.

Стоимость приобретения RENFE 100 электровозов серии 253 составила 249,5 млн евро. Иными словами, покупка одного электровоза обошлась примерно в 2,49 млн евро. В табл. 5 приведены основные технические характеристики электровозов серий 251, 252, 253.

Технические характеристики электровозов серий 251, 252, 253

Характеристики	Серии электровозов		
	251	252	253
Изготовитель	CAF, MACOSA, WESA, GEE, MELCO	ABB, Henschel, Krauss-Maffei, Meinfresa, CAF, Siemens	Bombardier/ Integria
Число построенных локомотивов, шт.	30	75	100
Годы выпуска	1981 — 1984	1991 — 1993	2007 — 2010
Диаметр колес, мм	1250		
Длина локомотива по буферам, мм	20700	20380	18900
Род тока	постоянный 3000 В	переменный 25 кВ, 50 Гц; постоянный 3000 В	постоянный 3000 В
Мощность, кВт	4650	5600	5400
Максимальная скорость для пассажирских поездов, км/ч	160	220	140
Вес в рабочем состоянии, т	138	90 (87)	85
Нагрузка на ось, тс	23	22,5 (21,75)	21,25
Возможность работы по системе многих единиц	нет	да	

Примечание. У двухсистемных электровозов серии 252 вес в рабочем состоянии 90 т, у локомотивов на одну систему тока — 87 т

**Электровозы серий 269, 279 и 289.** С 1964 г. в соответствии с 10-летним планом модернизации велись работы по электрификации железнодорожных линий. Соответственно, требовалось пополнить парк электровозов. В этих условиях был сделан довольно неожиданный выбор - было решено заказать электровозы, спроектированные японской фирмой Mitsubishi. В то время часть линий Испании была электрифицирована на постоянном токе напряжением 1500 В, а часть - 3000 В. Соответственно, требовались локомотивы, которые могли работать как на напряжении 1500 В, так и 3000 В.

С 1967 по 1969 гг. локомотивный парк RENFE был пополнен 16 электровозами серии 7900, которые позднее были обозначены серией 279. Первые два локомотива были изготовлены в Японии, а остальные - в Испании. Эти машины предназначались для работы на участках, электрифицированных на постоянном токе 1500 и 3000 В.

Электровозы имели 4-осную экипажную часть. Примечательно, что на каждой тележке располагался только один тяговый двигатель, который приводил в движение сразу две колесные пары. Вес электровоза в рабочем состоянии составлял 84 т. Таким образом, осевая нагрузка составляла 21 тс. Максимальная скорость - 130 км/ч.

Положительный опыт эксплуатации электровозов серии 279 позволил заказать еще 40 подобных машин. Эти локомотивы позднее были обозначены серией 289. Они также могли работать как на участках, электрифицированных на постоянном токе 1500 В, так и на 3000 В. Мощность электровозов серии 289 была увеличена до 3100 кВт. Электровозы серии 289 работали в депо Миранда-де-Эбро. Позднее некоторые машины были переоборудованы в двухсекционные электровозы, обозначенные серией 289 100 (рис. 11).



**Рис. 11. Двухсекционный электровоз 289-105-9 на станции Миранда-де-Эбро**

С 1973 г. в Испании стали выпускаться электровозы серии 269 (рис. 12), близкие по своим характеристикам к локомотивам серии 289. В отличие от своих предшественников, эти машины могли эксплуатироваться только на линиях, оборудованных контактной сетью постоянного тока напряжением 3000 В. Локомотивы серии 269, которых было построено 264 машины, стали самой многочисленной серией электровозов Испании.



**Рис. 12. Пассажирский электровоз 269-411-5 в локомотивном депо Леон**

В свою очередь, серия 269 подразделялась на несколько вариантов, которые отличались силой тяги и максимальной скоростью. Особую разновидность представляли электровозы серии 269 600, которые в 1981 - 1982 гг. были выпущены малой партией в 4 локомотива. Позднее под электровозы были подкачены новые тележки. Максимальная скорость этих машин составляла 200 км/ч. С декабря 2007 г. регулярная эксплуатация этих электровозов была прекращена.

**Обобщая испанский опыт.** Если говорить о тенденциях в развитии локомотивного парка железных дорог Испании, то можно обратить внимание на несколько моментов.

Во-первых, бросается в глаза интернациональность серий локомотивов, используемых на железных дорогах Испании. Специалисты RENFE были готовы сотрудничать с машиностроительными фирмами многих стран: Великобритании, Франции, Германии, США и даже Японии. При этом порядок сотрудничества был практически одинаков для большинства контрактов: приобретение нескольких единиц техники, изготовленных за границей, а затем локализация производства на заводах Испании. Впрочем, в связи с появлением в Испании частных операторов подвижного состава ситуация возможно будет меняться и начнутся поставки иностранного подвижного состава из других стран Европы. С другой стороны, в последние годы продукция испанского машиностроения во многих случаях поставляется на экспорт.

Во-вторых, можно обратить внимание на то, что уже почти четверть века приобретаются только электровозы с асинхронным тяговым приводом. Впрочем, это характерно не только для Испании, но и для других стран Западной Европы.

В-третьих, в конце прошлого и начале нынешнего веков большое распространение получила модернизация тепловозов с продлением их срока службы. Это касалось тепловозов серий 319 и 333. Надо отметить, что подобного рода работа велась и в России.

В-четвертых, и это самое главное, достоин изучения испанский опыт строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей (ВСМ). По протяженности ВСМ Испания занимает второе место в мире, уступая лишь Китаю. В Европе - Испания несомненный лидер скоростного железнодорожного транспорта. По протяженности ВСМ она опережает и Францию, и Германию. Столь почетное место стало результатом многолетнего строительства новых линий ВСМ, которые соединили Мадрид со многими региональными центрами. Данный процесс еще не завершен. В настоящее время строится еще несколько линий ВСМ.

В-пятых, Испания активно сотрудничает в области железнодорожного транспорта со многими странами Латинской Америки. Эти страны закупают поддержанный подвижной состав, в том числе локомотивы, ранее эксплуатировавшиеся на магистральных RENFE. Например, многие тепловозы серии 319 были проданы в Аргентину.

Таким образом, несмотря на большие различия в работе железнодорожного транспорта Испании и России, есть определенные достижения RENFE, изучение которых, возможно, могло быть интересно и для специалистов нашей страны.

# ЧС7-241: БЕЛАЯ ВОРОНА СРЕДИ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ЧС7

Д.М. УМАНЕЦ, инженер, г. Харьков

В мае 1990 г. из Чехословакии с завода «Шкода-Пльзень» в СССР была начата поставка электровозов ЧС7 нового типа - серии 82Е8. Кардинальных изменений у данных локомотивов по сравнению с электровозами ЧС7 предыдущих серий не было. Лобовые стекла были установлены в резиновых профилях, был ликвидирован ставший привычным проволочный их обогрев, в электрических схемах применили новые автоматические выключатели. По мелочам изменений было много, однако особого влияния на электровоз в целом это не оказало.

Примечателен же из данной серии был электровоз ЧС7-241, поступивший в локомотивное депо Челябинск Южно-Уральской дороги. Дело в том, что на нем в порядке эксперимента (проект от мая 1989 г.) был применен привод колесных пар системы «Лейраб» с выносными шарнирами и плавающими резинометаллическими муфтами, отличающийся от привода системы «Шкода». Необходимо отметить, что на электровозах ЧС7 с номера 211 (серия 82Е7) уже были серийно применены удлиненные карданные валы с выносными шарнирами.



Электровоз-тренажер ЧС7-241 в локомотивном депо Челябинск

Также были использованы осевые редукторы с косозубой передачей и двухрядными подшипниками в узле опоры корпуса редуктора на ось колесной пары. Применен другой поводок корпуса редуктора. Были внесены изменения в конструкцию концевых балок рам тележек - они были смещены вниз на 15 мм. Был укорочен шкворневой узел. Шкворневая балка рамы кузова, в свою очередь, была опущена вниз. Таким образом, заводом-изготовителем был предпринят шаг к началу некоторых усовершенствований серии. Имелись планы осуществить это все, как предполагалось, на девятой и десятой поставках серии (82Е9, номера 286 - 355 и 82Е10, номера 356 - 385).

К этому следует добавить несколько интересных фактов. Электровоз ЧС7-210 (из серии 82Е7) интересен тем, что на нем в порядке эксперимента были применены новые буксовые узлы с увеличенным вертикальным ходом и осевым разбегом оси.

Также стоит упомянуть другие опытные электровозы ЧС7 конца 1980-х - начала 1990-х годов. На ЧС7-099 был применён опытный быстродействующий выключатель (БВ) с электронным управлением. ЧС7-215 и 216 получили аккумуляторные батареи увеличенной мощности и усовершенствованные линейные контакторы, а ЧС7-239 и 240 - электрический привод стеклоочистителей.

На ЧС7-241 помимо нового типа тягового привода и нового узла редуктора была внедрена система индикации срабатывания основных аппаратов и реле - блоки 838 и 839. Наконец, на первой секции ЧС7-285 применён опытный БВ с более мощной дугогасительной системой и электронным управлением.

Всё вышперечисленное составляло так называемую «площадку» по отработке решений сперва для девятой и десятой серий ЧС7, а затем и для планировавшихся заводом электровозов ЧС11, ЧС12, ЧС9 и ЧС10.

Из нашедшего применение на «усеченной» по финансовым и политическим причинам девятой серии (ЧС7 № 286 - 321, 1992 - 1998 гг. постройки) были лишь БВ (как на опытном ЧС7-285), гребнесмазыватель, перенос тифона и свистка под пол кабины, внедрение пожарной сигнализации и электромагнитных контакторов другого типа.

Поначалу в период существования МПС СССР нововведения на электровозе ЧС7-241 не доставляли хлопот в ремонте и обслуживании. Электровоз работал с поездами, хоть и несколько раз отставлялся на неплановые ремонты ввиду того, что привод «Лейраб» был совершенно иным, нежели классический привод системы «Шкода» на всех остальных машинах серии, и запчасти от него приходилось подолгу ждать. Электровоз с момента ввода в эксплуатацию и до момента перевода в неэксплуатируемый парк совершил пробег всего чуть более 350 тыс. км.

С распадом СССР упали перевозки, а самое главное - исчезла существовавшая десятилетиями система снабжения запасными частями. Цены на запчасти к импортным электровозам возросли втрое. К тому же пришло время проведения данному локомотиву ремонта в объеме ТР-3 по пробегу. В итоге в номенклатуре имевшихся в наличии запчастей для серии ЧС7 для экипажной части ЧС7-241 ничего не подходило. Осенью 1995 г. руководством Южно-Уральской дороги был направлен запрос на завод-изготовитель касательно возможности модернизации электровоза под серийные локомотивы ЧС7. За модернизацию по чертежам строившихся в единичных экземплярах электровозов серии 82Е9 была запрошена сумма, равная 50 % стоимости нового электровоза.

Были попытки своими силами привести электровоз к конструкции серийной машины, однако все упиралось в невозможность подкатить типовые тележки из-за другого шкворневого узла. Новый шкворень был короче, чем серийный. В итоге все попытки ввести электровоз в работу не увенчались успехом. Локомотив впоследствии был установлен на отдельном участке пути депо и приспособлен под тренажер для локомотивных бригад.

В середине 2007 г. дальнейшей судьбой данного электровоза интересовался Запорожский электровозоремонтный завод (ЗЭРЗ, Украина). Предложение завода о проведении данному электровозу ремонта, приведении его в работоспособное состояние по схеме серии 82Е7 и переделке под серийную ходовую часть руководством ОАО «РЖД» было отклонено. Возможно, свою роль сыграл финансовый вопрос, а возможно, к 2007 г. «интерес» к чехословацким электровозам у руководства Российских железных дорог с началом постройки отечественных электровозов постоянного тока серии ЭП2К окончательно пропал.

На протяжении многих лет электровоз использовался для обучения локомотивных бригад. Благодаря тому, что электровоз ни разу не был на локомотиворемонтном заводе и даже не проходил подъемочный ремонт, к середине 2010-х годов это был единственный на сети железных дорог чехословацкий локомотив, полностью сохранивший все родные «артефакты» в кабинах управления и во внешнем виде.

К 2016 г. эксплуатация электровозов ЧС7 на полигоне Южно-Уральской дороги была прекращена. Как тренажер, локомотив ЧС7-241 остался не у дел. Музей Южно-Уральской железной дороги не смог принять данную машину в свою экспозицию по причине отсутствия свободного места на площадке натуральных образцов, а инициатив других железнодорожных или технических музеев проявлено не было.

В итоге в конце 2019 г. электровоз ЧС7-241 был списан, а в марте 2020 г. порезан в металлолом.

# КАК СПАСАЛИ ЭЛЕКТРОВОЗ ГЭТ

**П.В. КАШИН**, ведущий инженер Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства - филиала ОАО «РЖД»

**Промышленный** электровоз типа 0-2(0)-0 был одним из первых электрических локомотивов, построенных в СССР. Теперь он занимает достойное место среди экспонатов Музея железных дорог России в Санкт-Петербурге. Наверняка многие посетители музея обращали внимание на маленький зеленый двухосный электровозик, скромно стоящий среди своих более крупных коллег-локомотивов. Он, как и прочие экспонаты музея, снабжен обязательной табличкой с его описанием. Как это часто бывает, в нескольких абзацах трудно уместить всю полноту информации, которая связана с историей создания, эксплуатацией и усилиями по его сохранению.



**Электровоз 0–2<sub>0</sub>–0 ГЭТ в экспозиции Музея железных дорог России в Санкт-Петербурге**

Годы идут. По мере того, как свидетелей тех или иных событий становится все меньше и меньше, события эти, при отсутствии достоверной информации о них, начинают обрастать мифами и домыслами. Это в полной мере относится и к истории с промышленным электровозом - экспонатом Музея железных дорог России, о котором я уже упомянул выше. Сужу это хотя бы потому, что часть «мифов» о нем стала доходить и до меня. Поэтому, спустя много лет, я решился рассказать о том, как начинался длинный по времени путь этого электровоза от места прежней эксплуатации до помещения его в экспозицию музея.

Для начала кратко приведу хрестоматийные сведения о самом электровозе [1]. Технико-экономические преимущества электрической тяги перед паровой, а в ряде случаев и перед тепловозной, послужили причиной начала применения в ряде стран электровозов в маневровой и вывозной работе, а также для передвижения составов по путям промышленных предприятий. Однако до первой половины 1930-х годов электрическая тяга в СССР не применялась на путях общего пользования. Первоначально электровозы на наземных участках железных дорог стали использовать в конце 1920-х годов в промышленности и для связи железнодорожных подъездных путей с линиями городского и пригородного трамвая (в подземных шахтных выработках она начала применяться раньше).



**Электровоз 0-2<sub>0</sub>-0 ГЭТ в заводской окраске. Возможно, именно это фото послужило основой для иллюстрации в журнале «Техника — молодёжи»**

Первые семь электровозов (условный «первый выпуск») для подъездных и внутризаводских путей были построены в 1926 и 1927 гг. (соответственно, 3 и 4 локомотива) Мытищинским вагоностроительным заводом (механическая часть) и заводом «Динамо» (электрооборудование). Последний входил в Государственный электротехнический трест (ГЭТ). На Мытищинском заводе их проектированием и изготовлением руководил инженер П.И. Травин. Электровозы имели кузов капотного типа с центрально расположенной кабиной машиниста, осевую формулу 0-2(0)-0 (т.е. имели две ведущих оси в жесткой раме), массу 17 т, сцепную массу при догрузке балластом - 25 т.

Помимо работы на железнодорожных путях, предусматривалась возможность эксплуатации таких электровозов на трамвайных путях, для чего они имели:

- узкий кузов (габаритная ширина 2300 мм);
- могли быть оборудованы трамвайной сцепкой буферного типа наряду со стандартной винтовой упряжью;
- были рассчитаны на питание от сети постоянного тока номинальным напряжением 550 В (такая же система питания до сих пор применяется в трамвайных хозяйствах России).



**Электровоз 0-2<sub>0</sub>-0 ГЭТ с «узким» кузовом на вагоноремонтном (трамвайно-ремонтном) заводе в Нижнем Новгороде (июль 1991 г.)**

С 1930 г. электровозы типа 0-2(0)-0 строились заводом «Динамо» (который продолжал для них выпуск электрооборудования), но уже в кооперации с Подольским Крегинго-электровозостроительным заводом - бывшими мастерскими по ремонту паровозов Московско-Курской железной дороги. По имеющимся данным [1], за период 1930 - 1938 гг. было построено 76 таких локомотивов «второго выпуска». При этом, наряду с электровозами с кузовом шириной 2300 мм, строились и локомотивы с увеличенной до 2900 мм шириной рамы и кабины при сохранении линейных размеров обоих капотов.

Соответственно, электровозы получили следующие обозначения:

-> ЭП(У) - электровоз промышленный, узкого габарита, встречается также обозначение с указанием сцепной массы - ЭП(У) -25 [2];

-> ЭП(Ш) - электровоз промышленный, широкого габарита, встречается также обозначение ЭП(Ш) -25.



**Электровоз 0-2<sub>0</sub>-0 ГЭТ с «широким» кузовом на территории Ярославской ТЭЦ (1993 г.)**

Однако на практике и в документации [3] они продолжали обозначаться как «Промышленный электровоз 0-2(0)-0». После выхода статьи о них в Исторической серии журнала «Техника - молодёжи» (см. ниже), в обиходной речи к осевой формуле стали добавлять наименование треста - «0-2(0)-0 ГЭТ» или просто «ГЭТ».

У электровозов в «широкой» модификации вход в кабину располагался в средней части ее боковой стенки, а среднее лобовое стекло было заметно шире в сравнении с электровозами «узкой» модификации. Иных видимых отличий электровозы между собой не имели. Электровозы 0-2(0)-0 в модификации с узкой кабиной использовались управлениями городского электротранспорта ряда городов СССР для перевозки грузов по трамвайным путям.



Фото автора

**Общий вид промышленной станции Черкизово из-под путепровода Щёлковского шоссе (сентябрь 1985 г.)**

Локомотивы с широкой кабиной имели некоторое распространение на промышленных подъездных путях, в первую очередь тепловых электростанций (ТЭЦ). До конца 1980-х годов их еще можно было встретить в работе в городах Баку, Горький (Нижний Новгород), Самара, Харьков, Ярославль.



Фото из коллекции Государственного исторического музея (инвентарный номер ИФ XX 5863)

**Электровоз 0-2<sub>0</sub>-0 ГЭТ № 1 на промышленной станции Черкизово (1930-е годы)**

Два электровоза 0-2(0)-0 из первой партии 1926 г. были направлены для работы на Электрозаводской ветке в Москве. Дело в том, что в середине 1920-х годов по решению ГЭТ для обеспечения выполнения ленинского плана ГОЭЛРО началось строительство Московского Электрозавода имени В.В. Куйбышева. Основой для него послужили помещения бывшего завода «Товарищества русско-французских заводов "Проводник"», расположенных на берегу Яузы, неподалеку от устья реки Хапиловки. Строившуюся к заводу по берегу Хапиловского пруда промышленную ветвь от станции Черкизово Московско-Окружной железной дороги протяженностью 4,5 км было решено сразу же электрифицировать по традиционной для трамвайных хозяйств системе постоянного тока номинальным напряжением 550 В. Такое решение позволяло использовать при электрификации стандартные для линий трамвая элементы контактной сети и оборудование тяговых подстанций.



Схема Электрозаводской ветки по состоянию на 1985 г.

На ветке имелось три основных раздельных пункта: Черкизово (располагался параллельно одноименной станции Московско- Окружной дороги, нулевой километр), Мочальская (первоначально - «Разъезд Мочальский», 2,5 км) и Электрозавод с локомотивным депо, «кустом» путей по территории завода и заездом в производственные помещения. Помимо этого на всем протяжении линии имелось большое количество тупиковых путей к окружающим ветку складам и предприятиям. Наибольший уклон располагался перед переездом

на Окружном проезде (при движении от Электrozавода). Он имел крутизну 15 % [4].



**Электровоз №4 (с широким кузовом) с поездом проезжает «Хапиловские тупики». На заднем плане — электровоз №2 с узким кузовом (приблизительно 1982 г.)**

Поступившие на ветку электровозы 0-2(0)-0 были приписаны непосредственно к Электрозаводу, где они получили «местные» (не путать с заводскими!) номера 1 и 2. С момента ввода их в эксплуатацию в начале 1927 г. и до пуска завода в 1928 г. оба электровоза использовались для подвоза строительных материалов и оборудования. Кроме того, по ветке перевозились и другие народно-хозяйственные грузы для расположенных вокруг нее предприятий и складов.



Помимо двух электровозов № 1 и 2, для работы на Электрозаводской ветке в 1932 г. поступили два электровоза «второго выпуска» постройки того же 1932 г. [3]. Они имели широкую кабину и механическую часть Подольского завода. На подъездных путях Электрозавода им присвоили «местные» номера 3 и 4. По утверждению одного моего знакомого, в годы эксплуатации на раме электровоза № 4 читались выбитые в металле цифры «35», но к моменту поступления его в музей никаких клейм уже не было найдено.

Для электровозов 0-2(0)-0 в 1960-е годы была установлена норма массы поезда в 185 т, кроме участка с 15%-ным подъемом. При движении от Мочальской в сторону Черкизова (куда входил вышеуказанный подъем) норма составляла 150 т.

Об удивительных старых электровозах, работавших в черте Москвы, мне стало известно весьма необычным способом. В 1983 г. я поступил в вечернюю Физико-математическую школу при МИИТе. В один из осенних дней того же года перед занятием меня заинтересовала книга, которую листал мой одноклассник, которого тогда еще я даже и не знал как зовут.

Остановившись возле него, я принялся разглядывать фотографии, как потом оказалось, чешских трамваев. На одной из этих фотографий был изображен двухосный капотный электровоз.

Тогда я не выдержал и сказал: «Какая интересная штука!». На мою реплику последовал весьма неожиданный ответ: «А ты знаешь, что в Москве работают похожие?». Так я познакомился с Андреем Мясниковым, с которым впоследствии неоднократно посещал Электростанционную ветку. Он же дал мне почитать статью Олега Курихина об этих электровозах, которая была напечатана в Исторической серии журнала «Техника - молодёжи» (№ 2, 1980 г.) [5].

Однажды нам удалось даже немного проехаться в кабине уникального электровоза! А вот со съемкой ничего не получилось: увидев в наших руках совсем не «шпионские» фотоаппараты «Смена», работники подъездного пути прогнали нас, пригрозив вызвать милицию!

Вернувшись со срочной службы в армии зимой 1987/1988 гг., я узнал, что электровозы ГЭТ уже не работают. Небольшой участок контактной сети сохранялся к тому времени только на промежуточной станции Мочальская, куда с территории завода «Вымпел» выезжал их собственный 4-осный электровоз серии ПКП-4А голубого цвета. Как рассказали работники подъездного пути, судьбу электрической тяги решил случай, произошедший на том самом 15%-ном подъеме: от впереди идущего состава оторвался и покатился вниз по уклону вагон с трансформатором. Он врезался в следовавший в попутном направлении электровоз № 4, буферный брус которого, не выдержав удара, отвалился. Это был достаточно формальный повод, но эксплуатацию электрической тяги на ветке руководство тогдашнего владельца - Московского завода электровакуумных приборов (МЗЭВП) - запретило, полностью перейдя на тепловозы ТГМ1 и ТГМ23.

Фото автора



Летом следующего года у меня с таким же равнодушным к железнодорожной технике одногодком Леонидом Сватиковым возникла идея хотя бы попытаться спасти уникальные локомотивы. Старшие товарищи из неформального тогда еще сообщества любителей железных дорог, радевшие за сохранение почти каждого оставшегося в стране паровоза, отнеслись к идее, мягко говоря, скептически, посетовав, что идея обречена на провал, что

«живыми» эти электровозы давно никто не видел и вообще такая техника никакого интереса не представляет. Поддержка была найдена в лице Андрея Мясникова, который к тому времени уже работал в Молодежном центре «Ретро-Экспресс» (МЦ - была такая форма организации эпохи заката «перестройки»). С этим центром я тогда тесно сотрудничал. Перспективы были радужные, а потому железнодорожную ретро-технику хотелось сохранять и сохранять!

Окрыленные хоть какой-то поддержкой, пусть пока выражавшейся в возможности действовать от их имени, мы с Леонидом пришли на одну из проходных МЗЭВП. Тогдашний начальник транспортного цеха Анатолий Владимирович Торопо отнесся к нам на удивление радушно и с пониманием. Оказалось, что на тот момент с электровозами сложилась следующая картина:

\* электровоз № 1 был списан и утилизирован настолько давно, что никто из тогдашних (на 1990 г.) работников транспорта его не помнил;

\* электровоз № 2 долго не работал, а с закрытием электротяги его механическая часть была утилизирована, кабина же в виде четырех стенок со вздувшейся фанерной обшивкой белого цвета была аккуратно прислонена к будке сторожа на выезде с территории завода;

\* электровоз № 3 без крыши стоял с прочим «хламом» на складских путях МЗЭВП за переездом через улицу Измайловский Вал («Хапиловские тупики»);

\* электровоз № 4 без буферного бруса находился в тупичке на территории завода в компании с таким же отставленным от работы электровозом ШКП-4А № 10 постройки завода НЭВЗ, 1952 г.

«Четверку» мы тут же осмотрели. Анатолий Владимирович даже разрешил нам быстро его сфотографировать, пока никого из охраны не было видно!

Далее была долгая рутина с письмами, согласованием процесса передачи. Первоначально планировалось перевести оба электровоза ГЭТ на площадку МЦ «Ретро-Экспресс» у бывшего остановочного пункта Кутузово, негласно выделенную МЦ под историческую технику руководством Московско-Окружного отделения Московской дороги. Забегая вперед скажу, что до Кутузова ГЭТы так и не доехали, и слава в том Высшим силам!

И вот настал первый решающий день. На дворе был июль 1989 г. На территории завода меня и моего коллегу по увлечению Аркадия Ликальтера уже ждал тепловоз ТГМ1-1787 старшего машиниста Виктора Матвеевича Яшукова (в простонародии - просто Матвейча). К нему спереди был прицеплен уже вытасченный из тупика электровоз ГЭТ № 4. В сторону

станции Черкизово его можно было только вытолкать, так как одного буферного бруса со сцепкой он не имел.

Из заводского тупичка забрали и списанный электровоз ШКП-4А № 10. По дороге заехали к складам МЗЭВП за Измайловским Валом и вцепили в наш «музейный поезд» еще и электровоз № 3 вкуче с двухосным крытым вагоном НТВ № 7. Вдуматься только! Электровозы ГЭТ (как и № 10) ехали в тот день по своей родной ветке в последний раз!

Еле-еле преодолели тот самый 15%-ный подъем, оставили состав на одном из путей «заводской» станции Черкизово для дальнейших решений. Первый этап спасения ГЭТов завершился!

*(Окончание следует)*

# НОВОСТИ ГРУППЫ СИНАРА

**СТМ проведут средние ремонты 47 тепловозам ТЭМ18ДМ в Верещагино**  
На Верещагинском заводе «Ремпутьмаш» (входит в Холдинг СТМ) впервые проведён средний ремонт маневрового тепловоза ТЭМ18ДМ. Локомотив успешно прошёл приёмочные испытания, подтвердив готовность к эксплуатации, и в ближайшее время будет направлен в локомотивное депо Егоршино Свердловской дирекции тяги.

Это совершенно новая компетенция для Верещагинского завода, который традиционно относился к предприятиям машиностроения. Уровень выполнения ремонтных работ оценивала межведомственная комиссия в составе представителей профильных служб ОАО «РЖД». Комиссия ознакомилась с технологической документацией, осмотрела производство и сам тепловоз.

В ходе приёмки проведены реостатные испытания, проверка работоспособности рабочих органов, цепей управления, систем безопасности движения и пожарной безопасности тепловоза. Кроме того, комиссия оценила уровень оснащённости завода технологическими средствами: необходимым оборудованием, оснасткой, инструментом.

В рамках перепрофилирования Верещагинского завода «Ремпутьмаш» проведена большая работа: переоборудованы три цеха, проведено объединение цехов колёсного и новых путевых машин в колёсно-тележечный цех, где производится ремонт колёсно-моторных блоков. 77 сотрудников завода уже прошли обучение по повышению компетенций в части организации ремонта узлов и деталей тепловоза ТЭМ18ДМ, до конца года планируется обучить весь персонал. Кроме того, на заводе будет создан оборотный фонд линейного оборудования для осуществления своевременного ремонта тепловозов в установленные сроки и формирование группы специалистов для проведения пусконаладочных работ прошедших ремонт тепловозов.

\*\*\*

## **Очередной тепловоз ТЭМ9 отправлен в Казахстан**

В мае 2022 г. Торговый дом СТМ (входит в Холдинг «Синара - Транспортные Машины») отправил маневрово-вывозной тепловоз ТЭМ9 казахстанской металлургической компании «Казхром». Машина прибыла на предприятие заказчика в первой половине июня и в данный момент находится в процессе ввода в эксплуатацию.

Локомотив производства СТМ будет выполнять транспортировку сырья и готовой продукции на железнодорожных путях Аксуского завода ферросплавов. Предприятие является крупнейшим производителем и

поставщиком ферросплавов в мире, выпуская более 1 млн т продукции, большая часть которой экспортируется в страны дальнего зарубежья.

В рамках контракта сотрудники «Казхрома» также прошли профессиональный инструктаж по программе «Конструкция, порядок обслуживания, ремонт и эксплуатация тепловоза серии ТЭМ9». Обучение включало теоретический и практический курсы, в результате чего машинисты и ремонтники ознакомились с конструктивными особенностями тепловоза, а также его новым винтовым компрессором АКВ-5,25.

Четырехосный тепловоз ТЭМ9 с электрической передачей и индивидуальным приводом колесных пар предназначен для маневровой и вывозной работы на железных дорогах колеи 1520 мм, а также на различных промышленных предприятиях. Локомотивы данной модификации изготавливаются на площадках Людиновского тепловозостроительного завода. На сегодняшний день предприятие выпустило 165 таких машин.

\*\*\*

### **Генеральный директор СТМ В.Н. Леш стал заслуженным машиностроителем России**

Генеральный директор Холдинга «Синара - Транспортные Машины» (СТМ, входит в Группу Синара) **Виктор Николаевич Леш** удостоен почетного звания «Заслуженный машиностроитель Российской Федерации» за заслуги в области машиностроения и многолетнюю добросовестную работу. Соответствующий указ был подписан президентом РФ В.В. Путиным 15 июля 2022 г.



В.Н. Леш возглавляет СТМ с 2017 г. Под его руководством компания стала надежным партнером Российских железных дорог, российских промышленных предприятий и зарубежных потребителей, обеспечивая поставку, разработку и обслуживание различной железнодорожной техники. Только по итогам 2021 г. национальному перевозчику было поставлено 158

локомотивов, 145 вагонов электропоезда «Ласточка», 811 единиц путевой техники и специализированных

вагонов. Всего за прошлый год было произведено около 570 тыс. различных ремонтов секций локомотивов. В СТМ на постоянной основе ведутся разработки новой высокопроизводительной техники, особое внимание уделяется цифровизации, внедрению беспилотных технологий, импортозамещению зарубежных решений, разработкам экологических машин на альтернативных видах топлива, сертификации новой техники. За 5 лет структуры СТМ получили более 150 сертификатов Технических регламентов Таможенного союза.

По инициативе Виктора Николаевича в Холдинге были запущены программы повышения эффективности и развития производственных мощностей. СТМ стали участником национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» и государственной программы «Лидеры производительности».

Под началом В.Н. Леша в СТМ был образован новый дивизион «Городской общественный транспорт», отвечающий за разработку и реализацию проектов в сфере городских перевозок инновационными трамваями, троллейбусами и электробусами.

**По материалам Центра общественных связей Холдинга «Синара - Транспортные Машины»**