№8
2017

Локомотив

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

РЖД

Современные локомотивы на сжиженном природном газе

Знакомьтесь: тепловоз 3ТЭ25К2М

Автоматизация поиска неисправностей локомотива в сервисных депо

Особенности силовых цепей электровозов серии ЭП1

Цепи пуска дизеля тепловоза 2ТЭ25КМ

Как доработать схемы вспомогательных машин электровозов «Ермак»

Схема тормозного оборудования тепловоза ТЭП70БС

Школа молодого машиниста



НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

ISSN 0869-8147

НЕКОММЕРЧЕСКОМУ ПАРТНЕРСТВУ «ОПЖТ» — 10 ЛЕТ!



В г. Чебоксары прошла юбилейная конференция «Некоммерческое партнёрство „Объединение производителей железнодорожной техники": итоги развития (2007 — 2017) и перспективы». В ней приняли участие представители машиностроительных и лизинговых предприятий, холдингов партнерства, органов государственной власти, федеральных и региональных СМИ, а также компании «Ковачевич Инжиниринг» (Республика Сербия).

Участников конференции приветствовал глава Чувашской Республики М.В. Игнатьев. С юбилеем НП «ОПЖТ» поздравили Председатель Совета Федерации Федерального собрания РФ В.И. Матвиенко, первый заместитель Председателя Государственной Думы А.Д. Жуков, губернаторы Владимирской, Пензенской и Самарской областей. Приветствия и поздравления прислали руководители различных госкорпораций и объединений, других общественных организаций, зарубежные коллеги из Европейской ассоциации железнодорожной промышленности, Германии, Швейцарии, Австрии.

О достижениях НП «ОПЖТ» рассказал президент партнерства В.А. Гапанович: «Главное, что нам удалось сделать за десять лет, — это не только сохранить железнодорожную промышленность страны, но и придать ей импульс инновационного развития». Сегодня партнерство объединяет 174 предприятия и холдинга машиностроения, производящих 90 % железнодорожной продукции страны.

За большой вклад в сотрудничество с промышленными предприятиями региона М.В. Игнатьевым были награждены заместитель начальника ЦТА ОАО «РЖД» О.А. Сеньковский, вице-президент НП «ОПЖТ» В.А. Матюшин. Специалистам, проявившим себя в партнерстве, вручены награды от имени Минпромторга РФ, ФАЖТ, Госкорпорации «Ростехнологии». Отмечена активная работа руководителей НПК «ЭЛАРА», Научно-инвестиционного центра «Кабельные технологии», «Балаково Карбон Продакшн».

В рамках конференции были подписаны соглашения о взаимодействии и партнерстве между НП «ОПЖТ», компанией «Ковачевич Инжиниринг» и НПЦ «Инфотранс», а также между «ОПЖТ» и НП Парламентский центр «Комплексная безопасность Отечества». В принятой резолюции юбилейной конференции отмечены приоритетные направления будущей деятельности, выражена уверенность в эффективном решении общими усилиями задач экономического развития.

На снимках (слева направо, сверху вниз):

1. открытие конференции состоялось в Доме правительства Чувашии;
2. конференцию вели президент НП «ОПЖТ» В.А. Гапанович и глава Республики Чувашия М.В. Игнатьев;
3. юбилейная конференция собрала более 100 участников;
4. председатель правления НП Парламентский центр «Комплексная безопасность Отечества» С.А. Харьков вручил НП «ОПЖТ» орден «За заслуги II степени с мечами»;
5. вице-президента НП «ОПЖТ» В.А. Матюшина наградил глава Республики Чувашия М.В. Игнатьев;
6. соглашение о взаимодействии и партнерстве подписали президент НП «ОПЖТ» В.А. Гапанович, главный исполнительный директор компании «Ковачевич Инжиниринг» Б. Ковачевич и генеральный директор НПЦ «Инфотранс» И.К. Михалкин.











Фото С.Г. Зоничева

В номере:

Курсом инновационного развития

Создание современных локомотивов на сжиженном природном газе 2
ГАПАНОВИЧ В.А., КИРЖНЕР Д.Л., КОССОВ В.С., БАБКОВ Ю.В. и др.

Как спрогнозировать потребность в плановых ремонтах и обновлении локомотивного парка 10

Автоматизация поиска и устранения неисправностей локомотива в сервисных депо . 12
ЧЕРЕМИСИН В.Т., ПУСТОВОЙ И.В.

Бережливое производство

Квалификация персонала — основной резерв бережливого производства 14
НОВИКОВ А.Ф.

Правила тяговых расчетов требуют корректировки (подборка из двух материалов):

Правила тяговых расчетов: комментарии разработчиков 17
ВИНОГРАДОВ С.А., РАХМАНИНОВ В.И., БЕЛЯЕВ А.С.

Взвешенно применять печатное слово 18
ИОФФЕ А.Г.

Советы психолога

Аэрофитосенсорная комната повышает адаптивные возможности организма ... 20
ЯКОЦУЦ О.Л.

В помощь машинисту и ремонтнику

Особенности силовых цепей электровозов серии ЭП1 21
ПОТАНИН А.А., МЫСКОВ О.В.

Тепловоз 2ТЭ25КМ: цепи пуска дизеля и заряда аккумуляторной батареи 23
ТИМОФЕЕВ С.В.

Схемы питания вспомогательных машин на электровозах «Ермак» нужно доработать . 29
БОНДАРИК В.В.

Схема высоковольтных цепей отопления электропоезда ЭД4М 32
ГОРЯЧЕВ В.Е.

Автотормоза

Схема пневматического тормозного оборудования тепловоза ТЭП70БС 34
ТИТОВ М.В., ШЕЛУХИН С.В.

Новая техника

Знакомьтесь: тепловоз 3ТЭ25К^{2М} 36

Школа молодого машиниста

Принципы работы основных узлов и агрегатов тепловоза. Силы и движение поезда 40
РУДНЕВ В.С.

Электроснабжение

Эффект бережливого производства 46
САФРОНОВА Д.С.

Странички истории

Помогла ли нам заграница? 47
ИЛЬИН Ю.Л.

На 1-й с. обложки: **новые грузовые локомотивы российских железных дорог — двухсекционный электровоз двойного питания 2ЭВ120 и трехсекционный тепловоз 3ТЭ25К^{2М} на Экспериментальном кольце в Щербинке.** Фото В.И. Карянина

ЛОКОМОТИВ

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

№ 8 (728), август 2017 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ:
ОАО «Российские железные дороги»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:
БЖИЦКИЙ В.Н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
ВАЛИНСКИЙ О.С.
ГАПАНОВИЧ В.А.
КАРЯНИН В.И.
(редактор отдела тепловозной тяги)
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.
РУДНЕВА Л.В.
(ответственный секретарь)
СЕРГЕЕВ Н.А.
(редактор отдела электрической тяги)
ЧАПЛИНСКИЙ С.И.
ШКОЛЬНИКОВ Е.Н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:
Заручейский А.В. (Москва)
Иоффе А.Г. (Москва)
Ермишкин И.А. (Ожерелье)
Орлов Ю.А. (Новочеркасск)
Посмитюха А.А. (Киев)
Потанин А.А. (Воронеж)
Удальцов А.Б. (Санкт-Петербург)

РЕДАКЦИЯ:
МОЛЧАНОВ А.В. (орг. отдел)
ЛАЗАРЕНКО С.В. (отдел ИТ)
КВАЧ В.В. (ведущий программист)
СИВЕНКОВ Д.П. (компьютерный набор)

КОНТАКТЫ:
129110, г. Москва,
ул. Пантелеевская, 26,
Тел./факс: **(499) 262-12-32;**
Тел.: **(499) 262-30-59, 262-44-03**
www.lokom.ru; e-mail: info@lokom.ru
E-mail СПД РЖД: **loko_msk@msk.rzd**
Электронная версия:
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8816

Подписано в печать 28.07.2017.
Офсетная печать. Усл.-печ. л. 5,62
Усл. кр.-отт. 22,48
Уч.-изд. л. 10,4. Формат 64×90/8.

Отпечатано в типографии ОАО КНПО ВТИ.
420044, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36.
Тел.: +7 (843) 519-69-05.
E-mail: npovti.t@yandex.ru.
Тираж 3960 экз. Заказ 1174.

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.

СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА СЖИЖЕННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ



Канд. техн. наук **В.А. ГАПАНОВИЧ,**
Канд. техн. наук **Д.Л. КИРЖНЕР,**
Доктор техн. наук, проф. **В.С. КОССОВ,**
Канд. техн. наук **Ю.В. БАБКОВ,**
И.В. САЗОНОВ, Д.В. КОТЯЕВ,
А.Г. ВОРОНКОВ, Д.И. ПРОХОР,
М.А. ЧЕРНЫШЁВ, Н.В. ГРАЧЁВ, В.А. НИКОНОВ

ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ГАЗОТУРБОВОЗОВ

Перед конструктором любого транспортного средства стоит задача по размещению силового агрегата в кузове; решая ее, он должен принять компромиссное решение о габаритах, мощности, массе и других параметрах. При этом ради обеспечения размещения двигателя очень часто приходится снижать мощность, жертвуя такими параметрами, как скорость и энерговооруженность (отношение мощности двигателя к массе транспортного средства).

Появление газотурбинных двигателей позволило существенно увеличить мощность силовой установки, притом что ее вес и габариты были даже меньше, чем у поршневых (авиация) или паротурбинных установок (суда). Успехи применения газовых турбин в авиации, на судах и в стационарной энергетике послужили основанием для создания автономных локомотивов, у которых первичным двигателем является газотурбинный двигатель (ГТД), — газотурбовозов.

Наиболее широкое применение газотурбовозы нашли на железной дороге «Юнион Пасифик» (США) в 1940 — 1950-е гг. Американские фирмы «Дженерал Электрик» и «Алко» в 1948 г. построили свой первый односекционный газотурбовоз № 50 мощностью на валу двигателя 3508 кВт (4770 л.с). На тягу расходовалось 3309 кВт (4500 л.с.) и 199 кВт (270 л.с.) — на вспомогательные нужды.

Железную дорогу «Юнион Пасифик» удовлетворили результаты испытаний, и она заказала 25 газотурбовозов № 50. В 1952 г. фирмы «Дженерал Электрик» и «Алко» поставили первые 10 газотурбовозов, а к концу 1954 г. еще 15. Все они работали на участках Огден — Омаха (1593 км) и Шайен — Канзас-Сити (1200 км), которые отличались тяжелым планом и профилем пути, а также неблагоприятными климатическими условиями.

Средняя скорость движения по участку поезда массой 3550 т достигала 54,7 км/ч (при максимальной 104,6 км/ч). Среднемесячный пробег каждого газотурбовоза составил 15,6 тыс. км (максимальный на данный период — 17,8 тыс. км). При этом пробег тепловозов, которые также эксплуатировались на участках, был равен 8,1 тыс. км, их средняя скорость не превышала 40 км/ч.

Восемь лет локомотивы, оборудованные ГТД, служили устойчиво и надежно, наработав 1,5 млн ч, после чего фирмы «Дженерал Электрик» и «Алко» по заказу железной дороги «Юнион Пасифик» построили новый, более мощный (6250 кВт / 8500 л.с.) газотурбовоз с электрической передачей постоянного тока. Контрактом предусматривалась поставка 30 локомотивов такого типа.

Первый газотурбовоз мощностью 6250 кВт (рис. 1) поступил в эксплуатацию на железную дорогу «Юнион Пасифик» в августе 1958 г. Наличие увеличенной емкости тендера позволило водить поезда на линии длиной 2914 км лишь с двумя остановками для набора топлива. Газотурбовозы мощностью 6250 кВт работали также на участке между станциями Консил-Блуфс (штат Айова) и Огден (штат Юта) протяженностью около 1600 км. Участок отличается сильно пересеченной местностью (высота над уровнем моря 314 — 2466 м) и колебанием температуры окружающего воздуха в течение года от –40 до +45 °С.

Несмотря на интенсивную эксплуатацию, частые запуски и переменные нагрузки, газотурбовозы работали без существенных повреждений. Так, на 100 тыс. км пробега приходилось 5,4 случаев повреждения ГТД. Скорость движения грузовых поездов в 1961 г. благодаря применению газотурбовозов увеличилась с 29,7 до 45,6 км/ч. Среднемесячный пробег газотурбовозов мощностью 6250 кВт составил 19 — 20 тыс. км, что оказалось в два раза выше пробега тепловозов.

Правда, для выполнения одной и той же перевозочной работы газотурбовозы расходовали топлива примерно в два раза больше, чем тепловозы. (В качестве топлива использовалось тяжелое нефтяное топливо Bunker C, стоившее в 1950-е годы 4 — 5 центов за галлон против 10 — 12 центов дизельного топлива.) Опыт использования газотурбовозов на железных дорогах США показал, что ГТД имеют на 30 — 50 % более низкие расходы на ремонт и эксплуатацию, в 5 — 6 раз меньший расход смазки по сравнению с дизелями. Характеристики первых газотурбовозов приведены в табл. 1.

В литературе, посвященной эксплуатации газотурбовозов, указывается, что к концу 1966 г. пробег этих локомотивов составил 36,6 млн км, из которых 4,8 млн км в 1965 г. и 4,04 млн км в 1966 г. Максимальное время работы одной из турбин составило 35 177 ч. На 17 газотурбовозах, введенных в эксплуатацию в 1960 — 1961 гг., газотурбинные двигатели имели высокий моторесурс. На 11 двигателях детали турбин и компрессоров не сменялись. На семи газотурбовозах газовые турбины еще не разбирали для ремонта. В 1969 г. представитель фирмы «Дженерал Электрик», будучи в Ленинграде, сообщил, что моторесурс некоторых двигателей на американских газотурбовозах достиг 100 тыс. ч.

Таким образом, большая агрегатная мощность двигателей, высокая степень их надежности и возможность использования тяжелого топлива позволили дороге «Юнион Пасифик» с выгодой эксплуатировать газотурбовозы. Между тем параметры этих локомотивов

Рис. 1. Газотурбовоз фирм «Дженерал Электрик» и «Алко» мощностью 6250 кВт



Таблица 1

Характеристики первых газотурбовозов

Наименование	СССР		Швейцария		ЧССР	Англия		США			
	Коломенский завод		Браун-Бовери		Завод им. Ленина ТЛ659000	Метро-политен Виккерс 18100	Инглиш Элек-трик	Дженерал Электрик		Вестин-гауз	Газотур-бовоз мощно-стью 5000 л.с. (на угле)
	Г1	ГП1	№ 1800	№ 1101				(4500)	(8500)		
Годы выпуска	1959	1964	1949	1941	1958 — 1960	1952	1961	1948 — 1954	1958 — 1961	1948 — 1949	1962
Осевая формула	$3_0–3_0$	$3_0–3_0$	$1_0–1–1_0+$ $+1_0–1–1_0$	$1–1_0+2_0+$ $+1_0+1$	$3_0–3_0$	$3_0–3_0$	2–3	$2_0+2_0–$ $–2_0+2_0$	$2(3_0–3_0)$	$2_0+2_0–$ $–2_0+2_0$	$2(3_0–3_0)$
Род службы	Грузовой	Пассажирский			Грузо-пасса-жирский	Пассажирский		Грузовой		Пасса-жирский	Грузовой
Мощность, л.с.	3500		2500	2200	3200	3000	2700	4500	8500	4000	5000
Число секций, ед.	2	1							2	1	2
Общая масса, т	140	129	118	92,1	123	132	124	235	408	232	—
Запас топлива, кг: тяжелого легкого	9500 1500	11000 850	6580 1000	4200 1500	3420 162	6600 4060	8170	24500 3400	76500 8500	16400	—
Нагрузка от оси на рельс, тс	23,3	21,5	20,1	16,1	20,5	21,9	—	29,5	31,2	29	—
Масса на единицу мощности, кг/л.с.	40	37	47	42	38,5	44	46	52	48	58,5	—
Конструкционная скорость, км/ч	100	160	145	113	(85/125)	145		105		160	—
Передача	Электрическая постоянного тока		Электри-ческая	Механическая				Электрическая			
Газотурбинный двигатель: тип	Одновальный		Одновальный с регенератором		Двух-вальный с регене-ратором	Одно-вальный	Двух-вальный с регене-ратором	Одновальный			Двух-вальный
мощность, л.с.	3500		2500	2200	3080	3000	2700	4500	8500	4000	5000
число оборотов в мин	8500		5800	5200	5550	7000	9000	6900	4860	8750	—
масса на единицу мощности, кг/кВт	2,96		8,55		6,8	5,54	5,7	4,54	—	2,72	—
удельный расход топлива, г/(л.с.)•ч	327		380	376	—	328	290	380	—	353	—
Компрессор: тип	Осевой						Осевой (одна ступень центро-бежная)	Осевой			
число ступеней	12		29	21	17	15	6/1	15	16	23	12
расход воздуха, кг/с	26		28	28,1	29,7	22,6	19,3	41	72	14,5	44
Камера сгорания: тип	Прямоточная секционная		Прямоточная индивидуальная		Прямо-точная цилин-дриче-ская	Прямо-точная секцион-ная	Противо-точная	Прямо-точная секци-онная	Противо-точная	Прямо-точная секцион-ная	Прямо-точная
число камер	6		1			6	2	6	10	12	2
Число ступеней турбины	4		—		2/1	5	2/1	2		8	—
Температура газов перед турбиной, °С	727		—		650	700	777	700	790	730	788
Количество построенных локомотивов	1	2	1	2		1		25	30	1	

нельзя назвать высокими. Фирма «Дженерал Электрик» применила для локомотивов свой двигатель промышленного назначения. Двигатель — простейший одновальный массой 47 т, что вызвало затруднения у конструкторов-локомотивостроителей, несмотря на то что нагрузка от оси на рельс была принята равной 31,2 тс. Газотурбовозы мощностью 8500 л.с. выполнены в двух шестиосных секциях общей массой 427 т. В одной из секций располагалась турбогенераторная группа, в другой — вспомогательное оборудование. Топливо хранилось в специальном тендере. Масса локомотива с тендером превышала 500 т. Расход воздуха двигателем — 66 кг/с, КПД двигателя — 20 %. Одновальные двигатели предопределили необходимость применения электрической передачи постоянного тока.

Советские специалисты приступили к работам по газотурбовозам позже коллег из других стран. Первоначально данная задача была поручена Харьковскому тепловозостроительному заводу, однако тот не смог довести опытный образец до реальных испытаний [1].

В 1955 г. Коломенскому тепловозостроительному заводу было предложено принять участие в создании первого отечественного газотурбовоза. Возникли очень серьезные проблемы: отсутствие специалистов-конструкторов, технологов, исследователей в области газотурбостроения, производственно-экспериментального комплекса и т.д.

Разработку газотурбовоза, включая его основу — ГТД, возглавил Лев Сергеевич Лебедянский — главный конструктор завода, леген-



Рис. 2. Первый отечественный грузовой газотурбовоз Г1-01 мощностью 3500 л.с.

дарный создатель отечественных паровозов. В рекордно короткие сроки под его руководством на базе завода были организованы специализированные конструкторские бюро по ГТД и газотурбовозу. Будучи опытным руководителем, Л.С. Лебедянский смело сделал ставку на молодежь — инженеров, окончивших ведущие вузы страны по специальностям, связанным с транспортным машиностроением. Понятно, что готовых конструкторов, специализировавшихся на проектировании газотурбовозов, в нашей стране тогда не было.

На основании полученного в предыдущие годы опыта Коломенский завод в содружестве с кафедрой турбостроения МВТУ им. Н.Э. Баумана в 1955 г. приступил к разработке газотурбинного двигателя мощностью 3500 л.с., одновального, без регенерации тепла отработавших газов. До 1958 г. были изготовлены три подобных ГТД, получивших название ГТ-3,5.

На Коломенском заводе построили стенды для доводочных испытаний отдельных узлов двигателей, а впоследствии и двигателей в сборе. Один из них успешно (с первого предъявления) прошел межведомственные испытания: проработал 2500 ч на высокосернистом топливе из дистиллятов коксования.

Параметры первого двигателя можно назвать умеренными. Он был выполнен простейшим одновальным. Объясняется это тем, что при создании первых газотурбовозов главным образом стремились проверить соответствие ГТД основным требованиям локомотивной службы по надежности в работе, простоте обслуживания, использованию тяжелых топлив и т.д. Кроме того, приходилось считаться с существовавшими тогда возможностями изготовления передачи. Следует заметить, что по массе, габаритам и расходу воздуха первый двигатель Коломенского завода ГТ-3,5 уже выгодно отличался от ГТД американских газотурбовозов.



Рис. 3. Пассажирский газотурбовоз ГП1

Были проведены многочисленные запуски ГТД на стенде для определения ресурса деталей, параметров приемистости двигателя подбору топлива (результатом этих испытаний стало появление ГОСТ 10433–64 «Топливо нефтяное для газотурбинных установок», установившего требования для топлива газотурбинных установок и действующего по настоящее время), оценки влияния примесей на работу ГТД. При этом необходимо учесть, что тяжелое нефтяное топливо имело в своем составе коррозионно-активные примеси, что потребовало дополнительных усилий по их нейтрализации.

В конце 1959 г. был построен первый отечественный грузовой газотурбовоз Г1-01 мощностью 3500 л.с. в секции с электрической передачей постоянного тока (рис. 2). Несмотря на умеренные параметры ГТД газотурбовоза, Г1-01 в одной шестиосной секции имел мощность, почти равную касательной мощности двухсекционного тепловоза ТЭ3.

Отмечая особенности конструкции, нельзя не сказать о проблемах с системой передачи мощности: для реализации мощности ГТД конструкторам понадобилось применить три тяговых генератора МПТ-74/23, два из которых были скомпонованы в двухмашинный агрегат, а третий объединен в трехмашинный с генераторами на вспомогательные нужды. Газотурбинная установка обеспечивала работу локомотива под тяговой нагрузкой. Для вспомогательных работ использовалась дизель-генераторная установка с дизелем 1Д6.

В период 1960 — 1961 гг. были выполнены модернизация и доводка конструкции как самого локомотива, так и ГТД. Эксплуатационные испытания показали хорошие результаты не только в летних, но и зимних условиях, и в 1963 г. было принято решение изготовить еще два пассажирских газотурбовоза ГП1 на базе серийно выпускавшегося на Коломенском тепловозостроительном заводе пассажирского тепловоза ТЭП60 (рис. 3).

В общей сложности газотурбовоз ГП1 имел около 43 % заимствованных деталей. Применение тележек тепловоза ТЭП60 с тяговым двигателем ЭД105А в исполнении для рамной, а не осевой, как у газотурбовоза Г1, подвески снизило номинальную мощность каждого тягового двигателя с 340 до 307 кВт. Это привело к недоиспользованию полной мощности газотурбинного двигателя ГТ-3,5 на газотурбовозах ГП1 постройки 1964 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРВЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГАЗОТУРБОВОЗОВ

Построенные в 1964 г. пассажирские газотурбовозы ГП1-001 и ГП1-002 после доводочных испытаний вместе с грузовым Г1-01 были направлены в депо Льгов Московской дороги для опытной эксплуатации на различных тяговых участках.

Испытания газотурбовоза Г1-01 в 1962 — 1965 гг. показали его надежную работу, в том числе газотурбинного двигателя. Однако за период эксплуатации случались простои газотурбовозов и ремонт ГТД.

Наиболее часто сменявшийся элемент — жаровая труба камеры сгорания. Средний срок службы этих труб в депо составил 1,8 тыс. ч, что близко к заданному (2 тыс. ч). Для замены жаровой трубы требовалось один-два часа. Простота конструкции, малый вес деталей и узлов ГТД позволяли легко его разбирать, осматривать и ремонтировать даже в депо, не имевшем специального оборудования.

КПД газотурбовоза составлял 15 %, расход топлива на измеритель перевозочной работы при полновесных поездах — 90 кг условного топлива, что в 2,3 — 2,4 раза больше, чем у тепловоза ТЭ3. Зависимость удельного расхода топлива газотурбовозом от вели-

чины коэффициента использования мощности (в килограммах на 10 тыс. т·км брутто) приведена на рис. 4.

Как видно на рисунке, расход топлива может изменяться в зависимости от нагрузки на газотурбовоз в 3 — 4 раза. Отсюда вытекает особое требование к локомотивным ГТД: необходимость стабилизации КПД в достаточно широком диапазоне частичных мощностей.

В процессе испытаний выявили важное эксплуатационное качество газотурбинного двигателя — возможность быстро вводить его в работу. Запускается ГТД за 2 — 3 мин без его предварительного прогрева даже после длительного отстоя при низких температурах. Сразу после выхода на частоту вращения холостого хода двигатель может принимать полную нагрузку.

Сравнение результатов эксплуатации газотурбовоза Г1-01 с тепловозом ТЭ3 вызвало ряд вопросов: одна секция газотурбовоза мощностью 3500 л.с. с шестью тяговыми осями сравнивалась с двумя секциями общей мощностью 4000 л.с. и двенадцатью тяговыми осями при одинаковых весах поездов, что заранее ставило газотурбовоз в невыгодное положение. Также необходимо отметить, что соотношение стоимости топлива (в отличие от США) для газотурбовоза к дизельному топливу колебалось от 0,97 до 0,7 [2].

Кроме того, в [3] указано, что Г1-01 часто использовался в пассажирском движении с весом поезда намного ниже весовой нормы. Еще одним интересным фактом является то, что большинство поездок газотурбовоза Г1 (ГП обязаны придерживаться расписания) выполнялись с меньшими затратами времени (опережением графика движения), что говорит о большей приемистости ГТД, обеспечивающего более быстрый набор мощности по сравнению с тепловозом, притом что две секции тепловоза ТЭ3 мощнее на 500 л.с. [3].

К сожалению, работы по газотурбовозам не встретили поддержки ни в Министерстве тяжелого и транспортного машиностроения СССР, ни со стороны дирекции Коломенского тепловозостроительного завода, который возглавил молодой директор В.М. Пятов. Государственная техническая политика предполагала безальтернативный курс на дизелизацию железнодорожной тяги. Жесткая плановая административная система не позволяла даже таким гигантам, как Минтяжмаш, самостоятельно разрабатывать альтернативные средства тяги. Необходимо также учитывать ограниченность государственных материальных ресурсов. Повышение веса поездов в дальнейшем обеспечивалось путем увеличения секционной мощности локомотивов.

Опытные коломенские локомотивы еще долго продолжали эксплуатироваться в депо Льгов, работники которого успешно освоили их техническое обслуживание и текущий ремонт. В 1974 г. по инициативе министра путей сообщения СССР Б.П. Бещева была сделана попытка заказать партию газотурбовозов, что выполнить не удалось по причине прекращения их производства. В том же году газотурбовозы были отставлены от эксплуатации из-за отсутствия запасных частей. Их общий пробег к тому времени превысил 600 тыс. км.

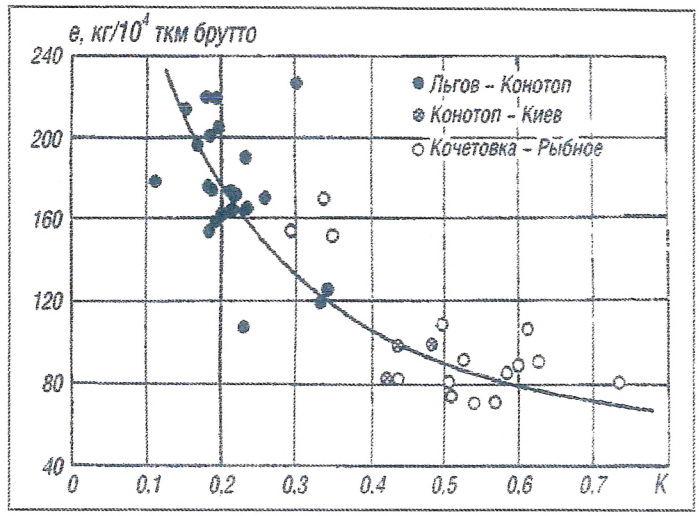


Рис. 4. Расход топлива газотурбовозами Г1 и ГП-1 в зависимости от коэффициента мощности ГТД

Сравнительные данные о работе газотурбовоза Г1 приведены в табл. 2.

На отказ от серийного производства газотурбовозов также повлияли запуск нового тепловоза 2ТЭ10Л, имевшего в секции 3000 л.с., и отсутствие серийного выпуска топлива для газотурбинных установок (ГОСТ 10433–75 «Топливо нефтяное для газотурбинных установок. Технические условия»; первая редакция 1963 г.) [2].

Проведя анализ эксплуатации первых газотурбовозов, можно отметить следующие моменты:

- меньший КПД двигателя по сравнению с тепловозом;
- бóльшую надежность ГТД по сравнению с дизелем;
- меньшие затраты на обслуживание и ремонт;
- лучший коэффициент использования мощности двигателя на тягу поезда;
- бóльшую участковую скорость (очень часто газотурбовоз приводил поезд на станцию назначения раньше запланированного срока, при этом не превышая установленных ограничений по скорости движения).

СОЗДАНИЕ ГАЗОТУРБОВОЗОВ НА СЖИЖЕННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

В XXI веке газотурбинная тяга снова появляется на железнодорожных линиях. Развитие промышленности позволило создать газотурбинные двигатели с КПД 34 %. В авиации ГТД практически полностью вытеснили поршневые двигатели, ведь для обеспечения требуемой надежности двигателя при использовании поршневого двигателя резко возрастали затраты на обслуживание, а его ресурс из-за ограничения габаритов и увеличения мощности снижался. Широко используются ГТД и на морском транспорте, к настоящему времени практически вытеснив паротурбинные установки и потеснив дизельные двигатели.

Менее активно ГТД внедрялись на наземном транспорте, в частности автомобильном и железнодорожном. Здесь при оценке эффективности нового вида тяги ведущими были вопросы тепловой экономичности первичных двигателей, а также их надежности. В те годы на автономных локомотивах прочные позиции уже завоевал дизель с газотурбинным наддувом, имевший высокий КПД 37 — 38 % и по тем временам вполне отвечавший требованиям железнодорожного транспорта по агрегатной мощности в секции.

На железных дорогах России имеется ряд участков, где стыкуется электрическая и тепловозная тяга. Так как современные и пер-

Таблица 2

Сравнение затрат на топливо газотурбовоза Г1 и тепловоза ТЭ3

Локомотив	Мощность на валу двигателя, л.с.	КПД локомотива	Относительный расход топлива при холостом ходе*, x	Соотношение** цен на топливо	Расходы на топливо, %			Суммарные годовые расходы, %		
				$c'/c_{усл}$	f*** = 0,8	f = 0,6	f = 0,4	f = 0,8	f = 0,6	f = 0,4
Г1	3500	15,4	0,27	0,632	132	142	160	105	108	112
2ТЭ3	2000×2	28,0	0,08	0,646	100					

Примечания. * Отнесенный к расходу топлива при номинальном режиме. ** $c'/c_{усл}$ — отношение цен одной тонны условного тяжелого топлива к условному легкому топливу. ***f — коэффициент использования мощности локомотива.

спективные тепловозы имеют мощность ниже, чем у электровозов, то приводимые электровозами составы приходится расформировывать и вывозить тепловозами по частям. Поэтому необходим автономный локомотив, не только способный принять состав массой свыше 6 тыс. т от электровоза и без переформирования доставить его до места назначения, но и обладающий параметрами по экономичности и надежности, которые не уступают тепловозу. Возможность же создания автономного локомотива мощностью свыше 4500 кВт в секции с дизель-генераторной установкой ограничивается нормируемыми массогабаритными требованиями к подвижному составу.

В «Энергетической стратегии ОАО "РЖД" на период до 2010 г. и на перспективу до 2020 г.», принятой в 2004 г., разработанной в развитие «Энергетической стратегии Российской Федерации» от 28.08.2003 № 1234-р, было предусмотрено значительное снижение удельного расхода топливно-энергетических ресурсов во всех сферах деятельности ОАО «РЖД», включая локомотивное хозяйство. Одновременно была поставлена задача по использованию альтернативных источников топлива взамен дизельного на автономных локомотивах, в первую очередь — природного газа.

Природный газ можно хранить на борту транспортного средства в газообразном или сжиженном состоянии. В технологическом плане сжиженный природный газ (СПГ) является, безусловно, более сложным видом топлива. Он представляет собой криогенную жидкость, сохраняющуюся при сверхнизких температурах. Температура кипения СПГ, т.е. температура, при которой он начинает испаряться, равна −161 °С. Получение СПГ, его хранение и транспортировка требуют специального оборудования.

Главным преимуществом СПГ является то, что при сжижении объем газа уменьшается в 600 раз. На практике это означает следующее: в процессе газификации при давлении, близком к атмосферному, из одного объема СПГ образуются 600 объемов природного газа и, следовательно, пробег на одну заправку топливом увеличивается.

В 2004 г. по заданию ОАО «РЖД» специалисты ОАО «ВНИКТИ», изучив опыт эксплуатации первых газотурбовозов, приступили к поисковым исследованиям по созданию магистрального газотурбовоза. По поручению старшего вице-президента — главного инженера ОАО «РЖД» В.А. Гапановича в институте была создана группа по разработке эскизного проекта. Директор института В.С. Коссов и его заместители приняли активное участие в создании концепции нового локомотива.

Перед работами по компоновке газотурбовоза институт произвел выбор экипажа, на котором будут помещены ГТД, тяговое электрооборудование и вспомогательное оборудование. Поскольку основной задачей на первом этапе создания газотурбовоза являлась проверка работоспособности и экономической эффективности применения ГТД на железнодорожном транспорте на СПГ, то, чтобы снизить выход из строя оборудования газотурбовоза, желательно было применить оборудование, проверенное на эксплуатируемых локомотивах. Использование тепловозного шестиосного экипажа не представлялось возможным, так как существующие тепловозные тяговые двигатели не обеспечивали требуемой мощности.

При разработке эскизного проекта для дальнейшего рассмотрения были приняты следующие газотурбинные двигатели:

- ГТЭ-6ПТ и ГТЭ-8ПТ производства ОАО «Авиадвигатель» (г. Пермь);
- НК-36 и НК-37 разработки ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» (г. Самара).

Из предложенных ОАО «Авиадвигатель» двух газотурбинных двигателей на первом этапе (на опытном газотурбовозе) предлагалось установить ГТЭ-6ПТ, выполненный на базе конвертированного газотурбинного двигателя Д-30 III серии с номинальной электрической мощностью 6200 кВт и КПД на валу привода 26,5 % в стандартных условиях ISO. На втором этапе планировался ГТЭ-8ПТ (окончательный вариант), выполненный на базе конвертированного газотурбинного двигателя ПС-90А, с увеличенной номинальной электрической мощностью до 8300 кВт и КПД на валу привода до 34 % в стандартных условиях ISO.

ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» предложило газотурбинный двигатель, выполненный на базе конвертированных газотурбинных двигателей НК-36, применяемых для привода газоперекачивающих насосов, и НК-37, используемых для привода генератора, электрической мощностью 8000 кВт с КПД 30 % в стандартных условиях ISO.

Было также рассмотрено наличие испытательных стендов и газоснабжения.

ОАО «Авиадвигатель» не взялось за решение задачи — испытать ГТД в сборе с тяговым генератором и системой регазификации сжиженного метана.

ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» имело в наличии испытательный стенд, на котором можно испытать ГТД при нагружении на стендовый тормоз с подачей топливного газа из газовой магистрали. Кроме того, была установка для СПГ с производительностью 300 кг/ч. Учитывая также, что ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова» имело большой опыт создания и испытаний газотурбинных двигателей, работающих на криогенном топливе (водороде и метане), установленных на самолетах ТУ-155, для дальнейшей проработки к установке на газотурбовоз институтом был принят газотурбинный двигатель НК-361.

При создании опытного образца магистрального газотурбовоза специалисты ОАО «ВНИКТИ», изучив опыт эксплуатации, пришли к следующим выводам:

- мощность газотурбинного двигателя должна обеспечивать вождение тяжеловесных поездов на участках со сложным профилем или тяжеловесных поездов на участках с равнинным профилем с повышенной скоростью движения;
- по технико-экономическим соображениям газотурбовоз мощностью 8300 кВт с одной силовой установкой в голове поезда должен заменять в эксплуатации трехсекционный тепловоз с тремя дизельными двигателями сопоставимой суммарной мощности;
- в качестве топлива должен использоваться СПГ, так как он обладает требуемой теплотворной способностью, стоит в два раза дешевле дизельного топлива (для компенсации меньшего КПД по сравнению с дизелем) и в нём отсутствуют вредные примеси, что исключает коррозию узлов ГТД;
- силовая установка должна иметь один двигатель и один тяговый генератор, все оси локомотива должны быть обмоторены и обеспечивать передачу мощности от ГТД к колесам.

Институтом были рассмотрены четыре типа электровозов: ВЛ10, ВЛ15 постоянного тока и ВЛ60К, ВЛ80 переменного тока. Длина секции кузова ВЛ10 и ВЛ80 по автосцепкам составляет 16 400 мм и недостаточна для размещения всего оборудования. Длина кузова ВЛ60К по автосцепкам равна 20 800 мм, длина секции ВЛ15 — 22 500 мм. По условиям компоновки всей номенклатуры оборудования локомотива для дальнейшей проработки был выбран экипаж электровоза ВЛ15 с наибольшей длиной по осям автосцепок.

Проектную документацию на локомотив подготовили специалисты ОАО «ВНИКТИ». Возглавил работы главный конструктор Л.М. Бондаренко, ведущим проекта был заместитель главного конструктора Э.И. Нестеров — бывший директор института, участник создания первых советских газотурбовозов.

Для разработки и изготовления газотурбовоза и его комплектующего оборудования были привлечены 54 промышленных предприятия, 90 % которых — предприятия Российской Федерации.

Силовую установку для газотурбовоза разработали специалисты ОАО «СНТК им. Н.Д. Кузнецова»; возглавил работы заместитель генерального конструктора С.М. Игначков, ведущим проекта был А.А. Овчаров.

Для разработки криогенной емкости и топливной системы было привлечено ОАО «Уралкриомаш» (г. Нижний Тагил), специалисты которого имели большой опыт разработки таких систем для ракетной техники. Возглавил работы директор Р.А. Зашляпин, разработку вел главный инженер В.Ф. Суетин.

Создание тягового генератора было поручено специалистам ООО «Электротяжмаш-Привод» (г. Лысьва), имеющим опыт разработки и постройки генераторов для наземных газотурбинных установок; ведущим проекта был Л.М. Гусельников.



Рис. 5. Газотурбовоз ГТ1h-001



Рис. 6. Газотурбовоз ГТ1h-002

Разработку микропроцессорных систем управления и диагностики ГТД, тяговой электропередачи и вспомогательного оборудования, всего силового и вспомогательного электрооборудования, включая тяговые выпрямители и вспомогательные преобразователи, системы охлаждения тяговых электрических машин и общую компоновку газотурбовоза, ОАО «ВНИКТИ» взяло на себя.

Изготовление узлов и сборка газотурбовоза были поручены Воронежскому тепловозоремонтному заводу — филиалу ОАО «РЖД», руководил работами главный инженер завода В.В. Салковский.

После сборки газотурбовоз (рис. 5) был передислоцирован на Куйбышевскую дорогу в поселок Смышляевка, где на базе Смышляевского вагоноремонтного завода была создана реостатная станция для отладки систем и проведения испытаний. Как для любой новой техники, путь к первой поездке газотурбовоза потребовал много времени, руководство проектом на этом моменте перешло к главному инженеру ОАО «ВНИКТИ» В.Ф. Руденко. Только через год, 4 июля 2008 г., газотурбовоз вышел в первую поездку по маршруту Смышляевка — Кинель. После этого газотурбовоз был передан на Московскую дорогу для проведения испытаний и выполнения подконтрольной эксплуатации.

Одной из первых была поездка по маршруту Рыбное — Перово с составом 10 тыс. т. Бóльшую часть поездок газотурбовоза на Московской дороге выполнил машинист А.Д. Гребеньков, он же управлял газотурбовозом в октябре 2009 г., когда за поездку по путям Экспериментального кольца Научно-испытательного центра ОАО «ВНИИЖТ» (Щербинка) с составом 15 тыс. т ОАО «РЖД» получило диплом Книги рекордов Гиннесса за создание самого мощного в мире магистрального газотурбовоза, работающего на сжиженном природном газе. А в сентябре 2011 г. в рамках III Международного железнодорожного салона техники и технологий «Экспо 1520» локомотив ГТ1-001 поставил новый мировой рекорд, проведя грузовой состав весом 16 тыс. т (170 вагонов) по путям Экспериментального кольца в Щербинке.

Тем не менее разработчики и испытатели газотурбовоза больше гордятся другой поездкой: 20 декабря 2009 г. газотурбовоз провел по маршруту Вековка — Бекасово состав весом 12 тыс. т. Эта поездка доказала способность газотурбовоза вести тяжеловесные составы, недоступные для локомотивов других типов (для проводки составов весом 9,3 тыс. т на Московской дороге использовались четыре секции электровозов ВЛ10 или три секции ВЛ11).

Однако не все было так просто, как задумывалось, и для рядовой эксплуатации нужно было доработать ряд систем. В ходе отладки и модернизации опытного локомотива его конструкцию дополнили мощной тяговой аккумуляторной батареей — накопителем электрической энергии. Это позволило сделать загрузку силовой установки более равномерной и осуществлять маневровые передвижения локомотива за счет накопленной энергии, чтобы не эксплуатировать мощную газовую турбину на режимах малых нагрузок. Так локомотив получил гибридный силовой привод и, соответственно, новое обозначение: ГТ1h-001.

С 2013 г. началась подконтрольная эксплуатация газотурбовоза ГТ1h-001 на Свердловской дороге в депо Егоршино. Из руководства Свердловской дороги эксплуатацию газотурбовоза курировали главный инженер И.О. Набойченко, основная тяжесть по внедрению легла на плечи заместителя главного инженера Б.И. Колесникова и заместителя начальника службы технической политики С.В. Танкеева. В депо Егоршино руководство работами обеспечили главный инженер М.Ю. Подшивалов, машинист-инструктор А.В. Скутин и начальник ремонтного депо Артемовский В.Г. Размадзе.

С начала подконтрольной эксплуатации выполнены более 350 поездок, работа в объеме 360 млн т·км брутто, линейный пробег превысил 53 тыс. км.

Как показали испытания, газотурбовоз является самым экологически чистым в мире локомотивом. По наиболее опасному загрязнителю — оксидам азота NO_x — выбросы в два и более раза ниже европейских норм директивы 97/68 ЕС стадии 3В, действующих до 2021 г. Кроме того, загрязняющие выбросы у ГТ1h-001 в 4 и 5 раз ниже, чем у магистральных грузовых тепловозов с дизелями фирм MTU и GE, соответственно.

Еще одним положительным моментом является низкий расход смазочных материалов. Масло, попадая в цилиндр поршневого двигателя, сгорает, и его уровень необходимо восполнять. Особенность ГТД — в том, что в зону горения топлива масло не подается, это обеспечивает его длительную эксплуатацию без добавления масла в маслобак двигателя (по предварительной оценке, только на расходах на масло газотурбовоз экономит более 200 тыс. руб. в год).

Положительные результаты испытаний первого газотурбовоза позволили принять решение о создании следующего, промышленного образца магистрального газотурбовоза ГТ1h-002 (рис. 6). Впервые он был представлен в сентябре 2013 г. на IV Международном салоне «Экспо 1520», проходившем на территории Научно-испытательного центра ОАО «ВНИИЖТ» в Щербинке.

Концепцию ГТ1h-002, конструктивную схему и систему управления разработали специалисты ОАО «ВНИКТИ». Модульная кабина газотурбовоза, пульты управления, преобразователь собственных нужд спроектированы и собраны на НПО «Автоматика» (г. Екатеринбург). Постройку ГТ1h-002 выполнил Людиновский тепловозостроительный завод, входящий в состав ОАО «Синара — Транспортные Машины».

Имея одинаковое обозначение серии, ГТ1h-002 по конструкции принципиально отличается от ГТ1h-001. Он содержит полностью построенную заново экипажную часть, созданную на основе главной рамы и хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации тележек восьмиосного маневрового тепловоза ТЭМ7А.

Длина каждой секции локомотива 21,5 м, общая длина — 43 м. Масса бустерной секции с емкостью для хранения сжиженного природного газа 184 т. Аналогичную массу имеет тяговая секция, на которой расположена силовая установка. Таким образом, общая масса локомотива составляет 368 т, максимальная нагрузка на ось 23 тс. Конструкционная скорость — 100 км/ч. Газотурбовоз оснащен тур-

биной мощностью 8500 кВт, которая обеспечивает силу тяги в длительном режиме 80 тс, при трогании — 90 тс.

При разработке проекта газотурбовоза ГТ1h-002 специалисты ОАО «ВНИКТИ» учли все недостатки и замечания в работе, выявленные при испытаниях и подконтрольной эксплуатации предыдущей модификации ГТ1h-001. Это позволило получить высокие технические характеристики и преимущества локомотива новой модификации. В частности, реализуются его бóльшая мощность при меньших габаритах, а также максимальная сила тяги при трогании с места.

Особенностью газотурбовоза ГТ1h-002 стала принципиально новая концепция экипировки и хранения газового топлива. Криогенная емкость выполнена в виде контейнера, имеющего стандартные габариты и монтажные размеры. Это позволяет осуществлять дозаправку емкости сжиженным газом как прежним способом (при нахождении ее непосредственно на локомотиве), так и ее заменой. При этом для проведения технического обслуживания и ремонта емкость может быть легко демонтирована (установлена) с локомотива (время монтажа не превышает 40 мин с момента установки секции на позицию), что существенно снижает требования к оснащению пунктов технического обслуживания. Криогенная емкость ГТ1h-002 имеет геометрический объем 46 м^3 и вмещает до 20 т СПГ (на ГТ1h-001 — 17 т).

В ноябре 2015 г. на Свердловской дороге началась подконтрольная эксплуатация газотурбовоза ГТ1h-002. Руководство проектом в связи с уходом главного инженера ОАО «ВНИКТИ» В.Ф. Руденко было поручено первому заместителю генерального директора Ю.В. Бабкову.

С начала подконтрольной эксплуатации выполнено более 120 поездок (из них более 50 с тяжеловесными поездами), работа в объеме 110 млн т·км брутто, линейный пробег составил 20 тыс. км.

В соответствии с утвержденной «Программой внедрения тягового подвижного состава, работающего на сжиженном природном газе, на полигоне Свердловской железной дороги на период до 2020 — 2025 гг.» от 21.12.2015 принято решение о применении газомоторных локомотивов на перспективном полигоне Свердловской дороги Войновка — Сургут — Коротчаево, где наблюдается максимальный рост грузоперевозок нефтеналивных грузов. Реализация этой программы предусматривает развитие инфраструктуры данного полигона для экипировки, сервисного обслуживания и эксплуатации газомоторных локомотивов.

23 мая 2016 г. газотурбовоз ГТ1h-002 выполнил экспериментальную поездку с поездом весом 8,5 тыс. т по перспективному маршруту эксплуатации Сургут — Войновка. В ходе поездки подтверждена возможность вождения газотурбовозами типа ГТ1h-002 поездов массой до 9 тыс. т по участку протяженностью 700 км без дозаправки СПГ (рис. 7).

Результаты подконтрольной эксплуатации легли в основу уточненного технико-экономического обоснования газотурбовоза, утвержденного вице-президентом ОАО «РЖД» О.С. Валинским.

Для оценки технико-экономической эффективности газотурбовоза было проведено сравнение с тепловозом 3ТЭ116У. В состав стоимости жизненного цикла газотурбовоза ГТ1h-002 и тепловоза 3ТЭ116У были включены затраты на топливно-энергетические ресурсы, сервисное обслуживание и ремонт локомотивов, оплату труда локомотивных бригад. Также учтены сопутствующие инвестиционные затраты в развитие инфраструктуры и проведение сертификации локомотивов.



Рис. 7. Газотурбовозы ГТ1h-001 и ГТ1h-002 с поездами на Свердловской дороге

Экономия затрат жизненного цикла (40 лет) при использовании газотурбовоза ГТ1h-002 составила 805,7 млн руб., или 15,8 %, по сравнению с тепловозом 3ТЭ116У. При этом экономия расходов газотурбовоза ГТ1h-002 на сервисное обслуживание и ремонт за его жизненный цикл по сравнению с тепловозом 3ТЭ116У составила 751,1 млн руб. (48,5 %), главным образом благодаря меньшей трудоемкости обслуживания и ремонта одного газотурбинного двигателя ГТ1h по сравнению с тремя дизелями 3ТЭ116У.

В качестве основных показателей оценки эффективности применения газотурбовоза ГТ1h-002 согласно стандарту СТО РЖД 08.005–2011 «Инновационная деятельность в ОАО "РЖД". Порядок оценки эффективности инновационных проектов» был рассчитан чистый дисконтированный доход при использовании газотурбовоза, составивший 47,9 млн руб. за жизненный цикл 40 лет при сроке окупаемости потребных инвестиций 13,4 года.

Результаты опытной эксплуатации газотурбовоза ГТ1h-002 на участке Сургут — Войновка Свердловской дороги с поездами массой свыше 7,5 тыс. т и технико-экономические расчеты подтверждают эффективность его использования при стоимости 1 т СПГ не более 50 % стоимости 1 т дизельного топлива.

Применение газотурбовозов на СПГ должно найти свою нишу в транспортных перевозках. Наиболее эффективным представляется его использование для вождения поездов весом более 6,5 тыс. т взамен трехсекционных тепловозов.

Возможность замены дизельного топлива для локомотивов газом можно сравнить с некогда революционным уходом от паровозной тяги. Он потребовал определенного времени, был связан с решением принципиально новых задач, но в результате позволил увеличить участковую скорость, среднесуточный пробег локомотивов, а также способствовал росту грузооборота железнодорожного транспорта в СССР, например в 2,5 раза за 1950 — 1960 гг.

По словам владельца американской железной дороги BNSF Уоррена Баффета, разработка принципиально новых конструкций на основе метановых парогазовых турбин по значимости будет такой же, как перевод тяги с паровозов на дизельные локомотивы [8]. Здесь можно также отметить, что работы по применению СПГ в качестве моторного топлива ведутся и на американских железных дорогах. В настоящее время несколько компаний отрабатывают технологию заправки, хранения и подачи природного газа в двигатель, переоборудовав несколько тепловозов на газодизельный цикл. Данное решение позволяет отработать технологию использования СПГ, однако мало годится для широкого распространения: на тепловозе остается система подачи дизельного топлива, добавляются новые узлы и системы, стоимость локомотива и расходы на обслуживание становятся больше, чем чисто дизельного тепловоза.

Перспективы развития газотурбинной тяги обширны, и связаны они с тем, что процесс совершенствования транспортных ГТД только набирает обороты (в отличие от дизельных двигателей, в которых в последнее время из-за требований по экологии расход топлива стал расти). КПД стационарных установок в результате применения регенераторов превысил КПД дизельных двигателей и находится в районе 50 — 51 %, а на ТЭЦ за счет утилизации тепла и вовсе дошел до 85 % [6].

Доля ТЭЦ с газовыми турбинами в настоящее время растет и начинает вытеснять поршневые двигатели из сегмента 200 — 500 кВт (модульные газовые электростанции Capstone) благодаря меньшей шумности, меньшим габаритам, отсутствию необходимости размещать систему охлаждения.

Первые транспортные ГТД с регенератором, повышающие КПД двигателя на 7 — 9 %, уже начинают внедряться на транспортные средства (судно «Циклон», проект железнодорожного парома и др.) и с теплоутилизирующим контуром (контейнеровоз «Атлант») [7]. Развитие технологий позволяет уменьшить габариты этих узлов до размеров, необходимых для установки на другие транспортные

средства, в частности на карьерные самосвалы. Применение новых технологий на газотурбинном двигателе НК-361 позволит увеличить его КПД на 15 — 20 %, что приведет к еще большей экономии топливно-энергетических ресурсов по сравнению с тепловозом и увеличению пробега на одной заправке.

В заключение можно сделать несколько выводов.

❶ Применение газотурбовозов на СПГ эффективно при вождении поездов весом свыше 6,5 тыс. т взамен трехсекционных тепловозов.

❷ Газификация автономной тяги позволит снизить годовое потребление дизельного топлива на 25 — 30 %, т.е. на 0,9 млн т, к 2030 г. и решить стратегические государственные задачи по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива.

❸ Применение газотурбинной тяги позволит решить проблему согласования тяговых характеристик автономного и электрического тягового подвижного состава по весовой норме, осевой и секционной мощности, скоростным характеристикам и унификации экипажа.

❹ Применение газотурбовозов обеспечит снижение трудоемкости более чем в 4 раза за жизненный цикл, а стоимости технического обслуживания и ремонта — на 48 %.

❺ Использование газотурбовоза позволяет снизить выбросы вредных веществ в окружающую среду. По наиболее опасному загрязнителю — оксидам азота NO_x — выбросы в два и более раза ниже европейских норм директивы 97/68 ЕС стадии 3В. Кроме того, загрязняющие выбросы у ГТ1h-001 в 4 и 5 раз ниже, чем у магистральных грузовых тепловозов с дизелями фирм MTU и GE, соответственно.

❻ Вероятность отказа газотурбинного двигателя за 1 ч работы в 12 раз ниже вероятности отказа дизельного двигателя и составляет 7×10^{-6} и 87×10^{-6}, соответственно.

ГАЗОПОРШНЕВЫЕ ЛОКОМОТИВЫ — ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Опыт использования магистральных газотурбовозов в эксплуатации, полученные теоретические и практические знания в области конструирования криогенного оборудования, работающего на объектах железнодорожного подвижного состава, дали возможность шире взглянуть на использование СПГ, в том числе как на топливо для поршневых двигателей внутреннего сгорания. Одним из важных шагов в этом направлении, в качестве дополнения к магистральным газотурбовозам, стала разработка маневрового тепловоза, работающего на сжиженном природном газе.

Специалистами ОАО «ВНИКТИ» был проведен анализ публикаций, согласно которым основными направлениями в мире являются два пути: использование газодизельного цикла (при переоборудовании действующих тепловозов) и газовый цикл с искровым воспламенением. После проработки всех вариантов и с учетом опыта эксплуатации тепловозов ТЭМ18Г на Свердловской дороге было решено выполнить разработку нового локомотива с газопоршневым двигателем. Работы по заказу ОАО «РЖД» начались в феврале 2013 г., проектировали тепловоз специалисты ОАО «ВНИКТИ», изготовление опытного образца было поручено ЗАО «УК "БМЗ"».

Первоначально к проекту была привлечена фирма Caterpillar как поставщик силового агрегата, однако из-за позиции фирмы сотрудничество в июле 2013 г. было прекращено. В качестве нового поставщика силового агрегата было выбрано ОАО «Волжский дизель имени Маминых», газопоршневые двигатели которого устойчиво работали на электростанциях. Проект пришлось дорабатывать, и в октябре 2013 г. тепловоз был направлен на пусконаладочные работы в ОАО «ВНИКТИ». Первая поездка тепловоза, которому была присвоена серия ТЭМ19, состоялась в декабре 2013 г. (рис. 8).

В июне 2014 г. тепловоз был направлен на Свердловскую дорогу для проведения испытаний. В этот период было окончательно доработано программное обеспечение, позволившее снизить частоту вращения на холостом ходу и одновременно отключать половину цилиндров при длительной работе на холостом ходу. Все это положительно сказалось на экономике проекта. Дальнейшего снижения частоты вращения на холостом ходу было решено добиться на следующем тепловозе, так как установленный механический масляный насос не обеспечивал требуемого давления масла на частоте вращения ниже 600 об/мин.



Рис. 8. Тепловоз ТЭМ19-001

По решению первого заседания приемочной комиссии и в соответствии с порядком постановки железнодорожной техники на производство, установленным ГОСТ 15.902–2014, в феврале 2015 г. тепловоз был направлен обратно на Свердловскую дорогу в депо Егоршино для проведения подконтрольной 1000-часовой эксплуатации. Необходимо отметить, что доработанный тепловоз в корне поменял к себе отношение как машинистов, так и сотрудников станции, на которой работал. По сравнению с ТЭМ18 тепловоз быстрее и более плавно разгонялся, обеспечивал при вывозной работе более быструю оборачиваемость и разгонные характеристики (так, при возможности выбора тепловоза для вывозной работы всегда предпочитали ТЭМ19). По завершении подконтрольной эксплуатации тепловоз прошел процедуру сертификации и был передан в депо Егоршино в рядовую эксплуатацию, где продолжает свою работу в настоящее время.

Конечно, впереди еще долгий путь становления газопоршневых тепловозов (остались вопросы по обслуживанию, обеспечению топливом), но ТЭМ19 своим появлением уже доказал: газопоршневые тепловозы возможны и их эксплуатация может принести снижение затрат.

Библиография

1. История и перспективы развития Коломенского завода / Под ред. Боченкова В.В., Бычковой Е.В. – Коломна, 2011. – 232 с.

2. Отечественные газотурбовозы / Воронков Л.А., Зархе С.М., Мартынов В.А. [и др.] – М. : Машиностроение, 1971. – 312 с.

3. Бартош Е.Т. Газовая турбина на железнодорожном транспорте. – М. : Транспорт, 1972. – 144 с.

4. Нестеров Э.И. Этапы создания газотурбовоза ГТ1. – Коломна : ОАО «ВНИКТИ», 2011. – 90 с.

5. Основные итоги подконтрольной эксплуатации газомоторных локомотивов на Свердловской ж.д. в 2013 — 2016 гг. : отчет / Танкеев С.В. – Екатеринбург, 2017.

6. Зысин Л.В. Парогазовые и газотурбинные установки: учебное пособие / М-во образования и науки Российской Федерации; Санкт-Петербургский гос. политехнический ун-т; Нац. исслед. ун-т. – СПб. : Изд-во Политехнического ун-та, 2010. – 377 с. – (Приоритетные национальные проекты «Образование»).

7. Меркулов В.И. Энергетические машины и установки : учебное пособие для студентов специальности 190201 (150100) «Автомобиле- и тракторостроение» и 101400 (140503.65) «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели». В 3 ч. Ч. 3 / Меркулов В.И., Кустарев Ю.С. // М. : МГТУ МАМИ, 2011. – 257 с.

8. Результаты подконтрольной эксплуатации ГТ1h-001 [Электронный ресурс] // Инновационный дайджест. – Электрон. дан. – Режим доступа : http://www.rzd-expo.ru/developments/detail.php?ID=132159, свободный. – Загл. с экрана. – Дата обращ. : 05.04.2017.

КАК СПРОГНОЗИРОВАТЬ ПОТРЕБНОСТЬ В ПЛАНОВЫХ РЕМОНТАХ И ОБНОВЛЕНИИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКА

В феврале 2002 г. специалистами Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства ОАО «РЖД» (ПКБ ЦТ) была создана автоматизированная система «Электронный паспорт локомотива» (АС ЭП). Целью ее создания является обеспечение сбора информации и мониторинг технического состояния локомотивов и основного оборудования. Данная система представляет собой единое место хранения всей информации о локомотивах, их узлах и агрегатах, в том числе о результатах испытаний, диагностики, дефектоскопии, отказах, сменах и ремонтах оборудования.

АС ЭП обладает всеми преимуществами автоматизированных систем учета и контроля, что позволяет с помощью алгоритмов оперировать данными, содержащимися в электронных паспортах, получая разноплановые прогнозы и отчеты. Наиболее ярким примером является расчет потребности в обновлении локомотивного парка. Обладая всеми данными о техническом состоянии локомотива, можно выстроить последовательность выхода локомотивов за назначенный срок службы и спрогнозировать потребность в обновлении локомотивного парка на годы вперед, что позволяет рационально использовать инвестиционные ресурсы ОАО «РЖД».

Одно из основных преимуществ системы — планирование ресурсов, выделяемых на плановые ремонты локомотивного парка для обеспечения заданного объема перевозок технически исправным тяговым подвижным составом (ТПС). На базе данных АС ЭП в 2015 г. специалистами ПКБ ЦТ разработан алгоритм автоматизированного расчета потребности парка локомотивов Компании в плановых ремонтах.

Предпосылкой для разработки автоматизированного отчета послужило:

- наличие локомотивов с перепробегами от деповских видов ремонта;
- отсутствие единой (утвержденной) методики расчета потребности локомотивов в ремонте.

В настоящее время имеющиеся в учебно-методической и специализированной литературе рекомендации позволяют произвести расчет программы ремонта только на год и всего лишь для общего количества тягового подвижного состава без определения потребности в ремонте конкретного локомотива на заданный период. Потребность же локомотивов ОАО «РЖД» в ремонтах ведется специалистами эксплуатационных локомотивных депо (ТЧЭ) приписки локомотива на основании опыта и знаний. Результаты расчетов всех ТЧЭ обобщаются в региональных дирекциях тяги и далее объединяются в Дирекции тяги ОАО «РЖД», где на основании полученных данных формируют программу ремонта локомотивов.

Автоматизированный расчет прогноза потребности локомотивов в заводских и деповских ремонтах позволяет осуществлять планирование на любой заданный период для каждой секции локомотива. Это актуально при наличии в инвентарном парке локомотивов с просроченными сроками ремонтов, а также для учета естественного ежегодного увеличения потребности ТПС в ремонте по пробегу.

Расчет потребности ремонта локомотивов осуществляется с использованием следующих норм периодичности ремонта:

- в километрах пробега для магистральных локомотивов, использующихся в грузовом и пассажирском движении, но не реже одного раза в указанный период, соответствующий ремонту («Положение о системе технического обслуживания и ремонта локомотивов ОАО "РЖД"»), в том числе и для локомотивов, находящихся на консервации;
- в годах или месяцах для локомотивов, использующихся в маневровом, хозяйственном, вывозном и передаточном движении.



Пример алгоритма расчета планируемой даты капитального ремонта

Для расчета программы ремонта локомотивов используются следующие исходные данные, содержащиеся в электронных паспортах:

- дирекция приписки локомотива;
- ТЧЭ приписки локомотива;
- серия и номер локомотива;
- дата изготовления локомотива;
- назначенный срок службы, указанный в Технических условиях (далее ТУ);
- тип дизеля (для тепловозов);
- дата проведения работ по продлению срока службы (далее ПСС);
- вновь назначенный срок службы после ПСС (если ПСС проводилось);
- общий годовой пробег по каждой серий локомотива для любого ТЧЭ (по данным статистической отчетности ОАО «РЖД»);
- вид движения;
- даты выполненных последних плановых ремонтов;
- фактический пробег локомотива от последних ремонтов;
- состояние локомотива (на консервации, в эксплуатируемом парке, неэксплуатируемом парке и др.).

На основании исходных данных определяются локомотивы с истекшим назначенным сроком службы, для которых планирование ремонтов нецелесообразно.

В зависимости от вида движения и текущего пробега от последнего ремонта, с использованием информации о среднемесячном пробеге и норме пробега до ремонта, определяется дата наступления потребности локомотива в ремонте (см. рисунок).

Последовательность расчетов потребности ТПС в ремонтах осуществляется от ремонта наиболее крупного объема к наименьшему (КР→СР→ТР-3→ТР-2 и др.). При совпадениях дат наступления потребности локомотивов в ремонтах планируется более крупный вид ремонта.

Результаты расчета дают возможность планировать ремонты с учетом потребности в тяге и загрузки ремонтных предприятий. Полученная информация позволяет равномерно загрузить производственные мощности предприятий, задействованных на ремонте локомотивов, и при необходимости осуществлять перераспределение финансовых потоков для выполнения ремонтов ТПС и обеспечения перевозочного процесса в полном объеме. Наложение результатов расчета на баланс парка локомотивов, который также рассчитывается на основе данных АС ЭП, показывает инвентарный парк локомотивов, годный к эксплуатации и требуемый для выполнения прогнозируемого объема перевозок.

Благодаря средствам автоматизированной системы АС ЭП результаты расчета могут быть представлены в любой форме в зависимости от выполняемой задачи (группировка по сериям, депо приписки, дирекции, сети, детализация и др.).

Принимая во внимание масштаб внедрения АС ЭП, уникальность и колоссальный объем накопленной информации, формирование автоматизированных отчетов и планов является основой дальнейшего развития информационных систем Компании.

По материалам ПКБ ЦТ ОАО «РЖД»

АСТРАХАНСКИЙ ТЕПЛОВОЗОРЕМОНТНЫЙ ЗАВОД ПОДТВЕРДИЛ СООТВЕТСТВИЕ СТАНДАРТУ IRIS

Астраханский тепловозоремонтный завод (АТРЗ, входит в группу активов под управлением «ЛокоТех») подтвердил соответствие системы менеджмента бизнеса стандарту IRIS.

Аудит проводила команда аудиторов ООО ССУ «ДЭКУЭС» (DQS). В ходе проверки были осмотрены и проанализированы все производственные и хозяйственные процессы подразделений завода — от документации до состояния рабочих мест и территорий цехов. В частности, был проведен мониторинг цехов на соответствие производственной документации, критериям компетентности, подготовки и осведомленности, выполнен анализ процедуры закупок, оценено соблюдение технических процессов, управление инфраструктурой, измерениями, производственной средой и т.д.

По результатам аудита АТРЗ подтвердил соответствие требованиям действующей системы менеджмента бизнеса стандартам IRIS. Наличие сертификата IRIS — одно из обязательных условий основного заказчика предприятия — ОАО «РЖД», поскольку документ подтверждает качество продукции и проводимых заводом работ, позволяет эффективнее контролировать состояние локомотивного парка. В настоящее время все заводы АО «Желдорреммаш» сертифицированы по стандартам IRIS.

Заместитель генерального директора по заводским ремонтам «ЛокоТех» А.Н. Маврин отметил: «Нынешний год объявлен в "ЛокоТех" Годом качества, и мы стремимся повышать качество на всех уровнях. В этой связи подтверждение соответствия Астраханского ТРЗ стандартам IRIS свидетельствует о ритмичной работе и развитии завода в сегодняшних экономически непростых финансовых условиях. Предприятие приближается к стандартам ведущих западноевропейских компаний в области железнодорожного машиностроения и совершенствует управление бизнес-процессами».

Наша справка

IRIS (International Railway Industry Standard — «международный стандарт для железнодорожной промышленности») является добровольной системой сертификации. Он создан по инициативе ведущих западноевропейских железнодорожных производителей. Среди членов рабочей группы IRIS такие компании, как Siemens, Alstom, Bombardier, Knorr-Bremse, Ansaldo-Breda и др. Составными элементами данной сертификации стали такие стандарты, как ISO 9001:2011 («Системы менеджмента качества»), OHSAS 18001:2007 («Система менеджмента профессиональной безопасности и здоровья»), ISO 14001:2004 («Системы экологического менеджмента») и др.

Астраханский тепловозоремонтный завод (филиал АО «Желдорреммаш», находится под управлением Группы компаний «ЛокоТех») создан в 1953 г. Предприятие осуществляет капитальный ремонт маневровых тепловозов ТЭМ2 различных модификаций с продлением срока их службы до 45 лет, а также ремонт дизелей, генераторов, производство запчастей. Завод занимает одно из ведущих мест среди предприятий железнодорожного транспорта России и является единственным специализированным предприятием по ремонту маневровых тепловозов в Южном федеральном округе.

Типы обслуживаемых локомотивов: ТЭМ2 и модификации, ТЭМ18, ТЭМ18Д, ТЭМ18ДМ в объеме среднего ремонта. Производственные мощности завода включают семь основных и пять вспомогательных цехов.

В 2016 г. Астраханский ТРЗ выпустил из ремонта 172 секции локомотивов. В этом году завод планирует освоить ремонт дизеля 1А-5Д49.

По материалам пресс-службы ООО «Локомотивные технологии»

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЛОКОМОТИВА В СЕРВИСНЫХ ДЕПО

В. Т. ЧЕРЕМИСИН,
д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электроподвижной состав» ОмГУПС (г. Омск)
И.В. ПУСТОВОЙ,
начальник управления автоматизации технологических процессов ООО «Локомотивные технологии»

В предыдущих номерах журнала «Локомотив» была описана автоматизированная система управления технологическими процессами технического обслуживания и ремонта (ТОиР) АСУ «Сетевой график», которая внедряется в сервисных локомотивных депо (СЛД) ООО «ТМХ-Сервис». Система охватывает все процессы жизненного цикла локомотива на этапе его эксплуатации: мониторинг технического состояния и режимов эксплуатации, планирование и выполнение ТОиР, приемку локомотива в ремонт и внутрипроизводственное планирование, выдачу локомотива на линию. При этом автоматизируются выдача нарядов на работы с последующим расчетом заработной платы, учет отпущенных со склада товарно-материальных ценностей (ТМЦ) и материалов повторного использования (МПИ).

Важный элемент АСУ «Сетевой график» — планирование дополнительных заданий, выполняемых сверх цикловых работ. Сначала при заходе локомотива на ТОиР специалисты производственно-диспетчерского отдела (ПДО) СЛД назначают цикловые работы по технологии перетаскивания «Drag-and-drop», которая дает возможность пользователю перемещать различные объекты из одного в другой. Так, инженер ПДО мышкой компьютера перемещает шаблон с нужным набором работ (ТО-3, ТР-1, ТР-2 и др.) в рабочую зону экрана, после чего автоматически формируется список работ (рис. 1).

Далее мастер цеха на каждую работу назначает слесаря (выдает наряд), также используя технологию «Drag-and-drop». В этом же окне монитора он заказывает материалы на складе — по готовности «корзины» кладовщик делает отметку о сформированности заказа, после чего мастер узнает об этом на своем рабочем компьютере.

Слесарь же видит назначенные ему работы на информационном киоске, располагаемым в цехе (рис. 2). С помощью этого же киоска исполнитель отмечает начало и окончание работы, вводит числовые данные, подтверждающие правильность выполнения работы. В случае необходимости — переводит работу в паузу с указанием причины (нет запчастей, назначение другой более срочной работы и др.). После приемки работы мастером и заместителем начальника депо по ремонту наряд появляется на экране компьютера отдела труда и заработной платы (ОТиЗ), где после проверки попадает в накопитель нарядов для дальнейшего начисления заработной платы за месяц.

Сложнее ситуация с дополнительными работами, когда локомотиву необходимо выполнить техническое обслуживание или ремонт сверх цикла. Такие работы возникают при наличии замечаний по техническому состоянию локомотива. Источниками замечаний являются бортовой журнал локомотива формы ТУ-152, диагностические данные бортовых микропроцессорных систем управления (от групп диагностики депо), результаты приемки локомотива на ремонт и др.

Раньше эти данные заносились в рукописном виде в журнал записей ремонта локомотивов формы ТУ-28. В АСУ «Сетевой график» их заносят в электронный журнал ТУ-28Э — в специально созданную электронную форму «Диагностическая карта». Замечания, занесенные в указанную карту, являются основанием для мастера назначить дополнительные работы, которые заносятся в наряд к цикловым работам (см. рис. 1).

Важно отметить, что далеко не всегда по замечанию в «Диагностической карте» ТУ-28Э АСУ «Сетевой график» можно точно определить какую именно дополнительную работу надо назначить.

Замечания носят достаточно разнообразный характер. Иногда они уже содержат в себе указания, что нужно делать. Например, «Сменить лампочку левого буферного фонаря», «Просрочен огнетушитель», «Нет аптечки». Большинство же замечаний не предполагают в себе, что именно надо делать, а только описывают внешние проявления отказа, который еще надо обнаружить и только потом устранить: «Обнаружена течь масла», «Нет нужной мощности на 15-й позиции контроллера машиниста», «Повышенная вибрация в зоне пятого тягового электродвигателя

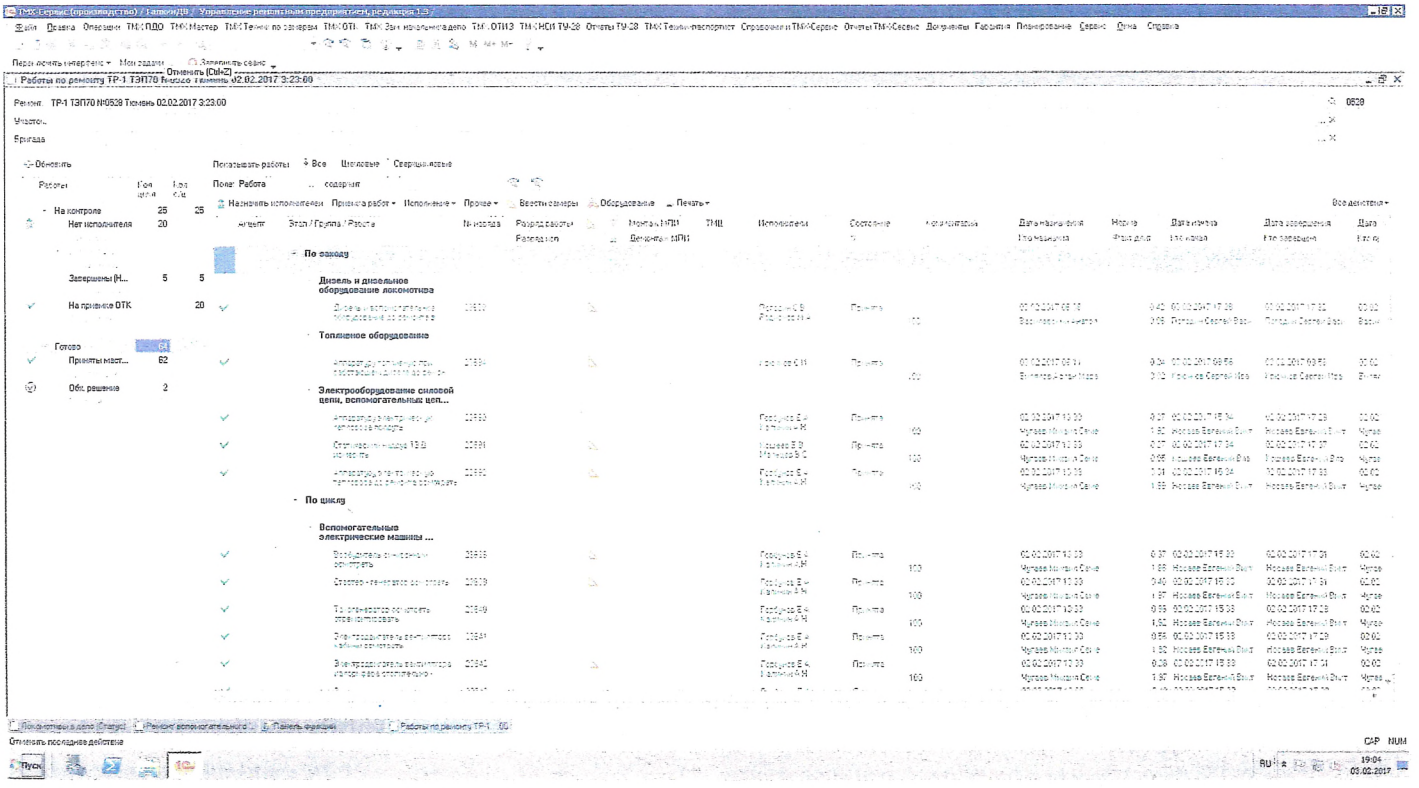


Рис. 1. Окно формирования на мониторе компьютера работ при ремонте локомотива

(ТЭД)», «Срабатывает защита при включении реостатного тормоза» и др. Процесс формирования работ на основании замечаний носит эвристический характер, т. е. мастер, опираясь на свои знания и опыт, назначает дополнительные работы.

Предлагается создать систему поддержки принятия решений (СППР) для подсказки мастеру правильных действий. Такая система разрабатывается совместно специалистами группы компаний «Локомотивные технологии» и учеными Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС).

Замечания по техническому состоянию локомотивов, как правило, описывают не отказ, а его внешние проявления. Например, замечание «Нет мощности дизеля» может быть следствием отказавшего цилиндра, а замечание «Повышенное боксование» может быть следствием разброса токов тягового электродвигателя или нарушения профиля бандажа. Если совокупность описания проявлений отказа представить как множество признаков Q, а сам отказ описать множеством признаков R, то работа СППР сводится к установлению соответствия между множествами Q и R: $(Q \rightarrow R)$.

В международных стандартах систем менеджмента качества (СМК) при описании инцидента (отказа, аномалии и др.) рекомендован принцип «5W2H» (7 вопросов для поиска коренных причин). Метод предполагает ответ на 7 вопросов. Согласно стандарту считается, что этого достаточно для идентификации инцидента. Тогда каждое проявление отказа представляет собой ответы на семь вопросов:

QW1: Who? Кто? — источник информации об инциденте:

- МСУ (с указанием типа МСУ);
- бортовой журнал формы ТУ-152;
- визуальный осмотр;
- КАСАНТ;
- АСУ ЗМ («Замечания машиниста»);
- станция реостатных испытаний;
- вибродиагностика;
- АСТД (с указанием типа автоматизированной системы технического диагностирования).

QW2: What? Что? — описание происшествия:

- срабатывание аппаратов защиты;
- сообщение на экране бортового компьютера;
- посторонний запах;
- искрение;
- треск, шум, другие механические проявления;
- частичная потеря мощности локомотива;
- отключение одного ТЭД;
- отключение группы ТЭД;
- заклинивание колесно-моторного блока (КМБ);
- отказ локомотива с вызовом резервного локомотива;
- пожар;
- сход;
- другое происшествие.

QW3: When? Когда? — дата и время события.

QW4: Where? Где? — серия и номер локомотива. В каком месте локомотива проявился отказ согласно четырехуровневому классификатору оборудования АСУ СГ. Название узла, если известно.

QW5: Why? Почему? — описание причин события (предварительные):

- по вине машиниста;
- при броске напряжения в контактной сети;
- во время грозы;
- во время дождя.

QH1: How? Как? — при каких обстоятельствах произошел отказ:

- в режиме тяги;
- в режиме рекуперативного торможения;
- в режиме реостатного торможения;
- при входе в режим тяги;
- при входе в режим рекуперативного торможения;
- при входе в режим реостатного торможения;
- при переходе на очередную позицию управления;
- не связано с действиями машиниста;
- при броске напряжения в контактной сети;

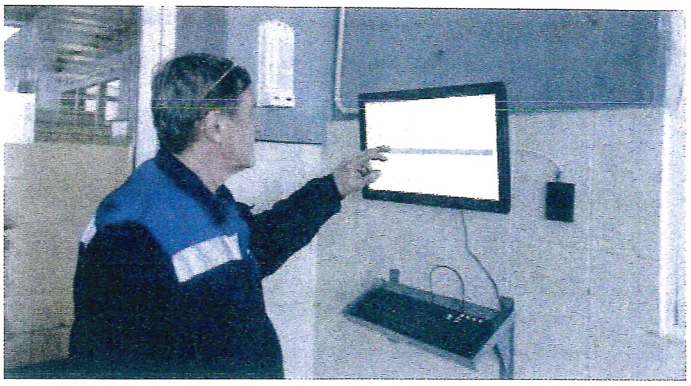


Рис. 2. Слесарь отмечает на экране компьютера начало или окончание выполнения наряда на работу

- другие условия происшествия.

QH2: How much? Как много? — объем события, объем повреждения:

- разовый сбой;
- многократный сбой;
- разовый отказ с восстановлением;
- многократный отказ с восстановлением;
- отказ без последствий для тяги поездов;
- частичная потеря работоспособности без непланового захода в депо;
- неплановый заход локомотива в депо;
- разрушение секции, требующее капитального ремонта;
- списание секции.

Таким образом, каждое проявление отказа Qi представляет собой упорядоченную совокупность параметров, каждый из которых может быть представлен числовым параметром:

Qi = {QW1i, QW2i, QW3i, QW4i, QW5i, QH1i, QH2i}.

После выполнения ремонта и устранения инцидента формируется своя совокупность параметров R, которая также определяется по методике 5W2H:

RW1: Who? Кто? — место ремонта:

- на локомотиве;
- *СЛД с указание цеха:*
  - цех ТО-3;
  - цех топливной аппаратуры;
  - электромашинный цех;
  - др.

RW2: What? Что? — описание отказавшего узла: аналогично QW2.

RW3: When? Когда? — дата и время ремонта, продолжительность ремонта.

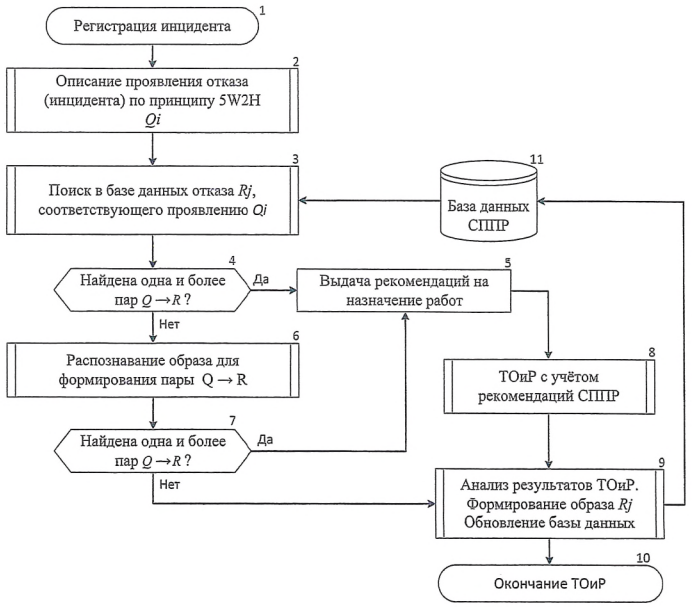


Рис. 3. Алгоритм поддержки принятия решений о необходимых ремонтах

RW4: Where? Где? — в каком месте локомотива оказался отказ: аналогично QW4.

RW5: Why? Почему? — причина отказа: указание причины отказа с использованием классификаторов АСУ СГ.

RH1: How? Как? — характер ремонта:

- чистка
- регулировка;
- крепление;
- замена на исправный;
- замена со списанием.

RH2: How much? Сколько?— стоимость ремонта (запчасти и работа).

Таким образом, каждое описание отказа Ri представляет собой упорядоченную совокупность параметров, каждый из которых может быть представлен числовым параметром:

Ri = {RW1i, RW2i, RW3i, RW4i, RW5i, RH1i, RH2i}

Предлагаемый алгоритм поддержки принятия решений приведен на рис. 3.

По появлению отказа (замечанию)

Qi = {Q1, Q2, …, Ql} проводятся разборы и обнаруживаются отказы Rj = {R1, R2, …, RJ}.

Таким образом, по мере накопления опыта формируются пары соответствия проявления отказа самим отказам — создается таблица функций неисправностей F: F = (Qi → Rj)

При появлении очередного проявления отказа Qi+1 информационная система может предположить какому отказу Rj этот образ соответствует: Qi → Rj.

При этом возможны варианты:

- образ Qi+1 имеет единственный вариант Rj, который встречался один и более раз. В этом случае система поддержки рекомендует выполнить работы, соответствующие именно этому предполагаемому отказу;
- образ Qi+1 имеет несколько вариантов Rj. В этом случае СППР выводит эти варианты отказов в порядке убывания статистики числа их появления;
- образ Qi+1 не имеет соответствия Rj. В этом случае система поддержки принятия решений проводит поиск наиболее похожих пар Qi → Rj и рекомендует их. После этого происходит уточнение: какой именно отказ Rj был на самом деле.

После выполнения ремонта и формирования образа Rj системе поддержки принятия решений необходимо проверить правильность выданной рекомендации.

Возможны следующие варианты действий:

- выданная рекомендация Qi → Rj подтвердилась. В этом случае в статистику добавляется еще одно событие;
- выданная рекомендация Qi → Rj не подтвердилась. В этом случае фиксируется статистика новой пары. При этом образ Rj может быть как новый, так и уже существующий.

Таким образом, система поддержки принятия решений о необходимости дополнительных работ при заходе локомотива в сервисное локомотивное депо на ремонт является самообучающейся с постоянным повышением достоверности выдаваемых рекомендаций.

Описанный выше достаточно сложный алгоритм «зашивается» (инкапсулируется) в программное обеспечение АСУ «Сетевой график» и используется по принципу «Встроенное качество». Таким образом, для пользователя доступен простой и наглядный интерфейс, помогающий принять правильное решение о назначении тех или иных дополнительных работ.

Правильный учет таких работ — важный элемент системы управления надежностью локомотивов. Существующая в настоящее время система учета их надежности по числу отказов на линии и числу неплановых заходов в депо явно недостаточна, потому что большая часть неисправностей устраняется на плановых видах ремонта как дополнительные работы («Обслуживание непредвиденное»). Только при налаживании учета этих работ можно управлять надежностью локомотивов согласно принципу ISO 9000 «Принятие решений, основанное на фактах».

В настоящее время АСУ «Сетевой график» внедрен в опытную эксплуатацию в шести сервисных локомотивных депо ООО «ТМХ-Сервис» группы компаний «Локомотивные технологии»: Тюмень, Югра (г. Сургут), Барабинск, Боготол-Сибирский, Тында-Северная и Амурское (г. Комсомольск-на-Амуре). В 2017 г. планируется тиражировать систему во всех СЛД Восточного полигона, а в 2018 г. — во всех 92-х депо ООО «ТМХ-Сервис».

КВАЛИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА — ОСНОВНОЙ РЕЗЕРВ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Что показывает деповская практика

Бережливое производство является основным лозунгом производственной деятельности любого предприятия железнодорожной отрасли. В целях сокращения производственных затрат истинные профессионалы всегда стремились к улучшениям и инновациям. Первоосновой бережливого производства являются грамотно разработанные технологические процессы, которые с развитием науки и техники должны совершенствоваться при обязательном доказательстве превосходства предлагаемых изменений. Осознание недостатков в устройстве агрегатов, машин и механизмов заставляет рационализаторов разрабатывать высокоэффективные изобретения и изменять производственные процессы.

Однако зачастую к бережливому производству можно перейти, используя довольно простые решения, которые и рассмотрим ниже на конкретных производственных примерах.

В локомотивном хозяйстве уже более пятидесяти лет применяется автоматизированный процесс транспортировки сухого песка от сушильного барабана до раздаточных бункеров пункта технического обслуживания депо. При этом попутно осуществляется электронный контроль пополнения запаса и расхода песка по рабочим сменам, суткам и месяцам. Данный процесс был разработан и внедрен мастером участка пескосушилки.

На проходившем в 1970-х годах на базе депо Пенза III всесоюзном совещании по пескоснабжению тогдашний заместитель начальника главного управления локомотивного хозяйства МПС Б.Д. Никифоров назвал данный процесс настоящей производственной революцией. Начальнику депо было поручено составить список участников «революции» на поощрение приказом МПС.

Примерно в то же время в депо было разработано изобретение, которое позволяло усовершенствовать процесс заливки осевого масла в буксы моторно-осевых подшипников (МОП) электровозов. Слесарь инструментального участка, нацеленный в первую очередь на улучшение и облегчение своего труда, превратил обыкновенный трубчатый наконечник с пробковым краном и резиновым шлангом в многофункциональный агрегат. Причем сделано это было в тех же габаритах.

Данное новшество обеспечило автоматическое открытие шарикового клапана при введении наконечника в отверстие перегородки между рабочей и запасной камерами буксы. Это позволило гарантированно заполнять запасную камеру, обеспечило контроль уровня заполнения рабочей камеры воздушным способом и автоматическое перекрытие шарикового клапана при изъятии наконечника из буксы. Использование данного изобретения не потре-

бовало никаких лишних усилий и движений, обеспечило отсутствие переливов осевого масла в буксу и вытекание его с одной стороны МОП на пол смотровой канавы, с другой — в кожух зубчатой передачи. Таким образом, были достигнуты экологический и экономический эффекты.

Однако недобросовестность отдельных инициаторов и разработчиков различных технических проектов, выражающаяся в преуменьшении затрат и многократном увеличении возможного экономического эффекта, сильно искажают понятие бережливого производства и рационализаторства.

Известно, что процессы боксования колесных пар локомотивов вносят определенные ограничения в режим тяги поездов. Боксование колесных пар возникает по причине действия многих факторов. Одним из таких факторов является неравномерность нагрузок колес локомотива на рельсы. Так, обеспечению равномерности нагрузок колеса на рельс в свое время было уделено особое внимание.

В локомотивном депо Пенза III были выделены участки по выполнению развески экипажа локомотивов, которые оснащались дорогостоящими гидромеханическими подъемниками каждой колесной пары, оборудованные соответствующими контрольно-измерительными приборами. Данный процесс является весьма сложным, трудоемким и требует регулирования рессорного подвешивания тележек на буксы колесных пар и деталей люлечного подвешивания кузова на рамы тележек. После многократных и многолетних попыток ознакомиться с процессом развески мастер участка заявил, что ему не выделен контингент исполнителей. После первого пробного выполнения развески оборудование специализированного участка было законсервировано.

С момента разделения локомотивного хозяйства на эксплуатацию и ремонт прошло достаточно времени, чтобы обозначить все «плюсы» и «минусы». Дирекция по ремонту тягового подвижного состава впоследствии плавно трансформировалась в систему сервисного обслуживания. Основным достижением первого года работы новой системы было объявлено повышение производительности труда на 10 %. Какими методами это было достигнуто? Технологические процессы технического обслуживания и ремонта на все виды оборудования электровозов были переписаны с ранее существовавших. В ряде случаев описание последовательности действий работника при ремонте оборудования не отвечает определенным требованиям.

Для более подробного понимания сущности проблемы рассмотрим технологический процесс на ремонт быстродействующего выключателя БВП-5 электровоза ВЛ10. Первый пункт данного процесса гласит: «Внимательно осмотреть и проверить состояние крепежных деталей деионных решеток дугогасительной камеры. Погнутые болты выправить, с поврежденной резьбой — заменить». Далее уже можно не читать, потому как деионные решетки просто устанавливаются в ячейки между лучевыми перегородками на выхлопе дугогасительной камеры и болтами не закрепляются.

По причине неквалифицированных действий локомотивных бригад и многократных повторных включений-отключений быстродействующего выключателя (БВ) происходят выбросы разогретых электродугой газов с деионными решетками из дугогасительной камеры. Для предотвращения разброса решеток сверху камеры стали устанавливать стеклопластиковый дугообразный уголок ограждения, закрепляемый стяжными болтами боковин камеры. При таких воздействиях на БВ удлиненная электродуга доходит до деионных решеток, оплавляет тонкие железные пластинки, а также массивные латунные полосы дугогасительных рогов.

При проведении ремонта, обслуживания и регулирования БВ есть множество моментов, которые не отображены в технологическом процессе. Так, отсутствует перечень неисправностей отклонений и повреждений аппарата, а также причин их возникновения, приемов и методов устранения. В результате каждый новый исполнитель по ремонту БВ длительное время индивидуально, с большим трудом, по мере своих сил и способностей постигает значение множества

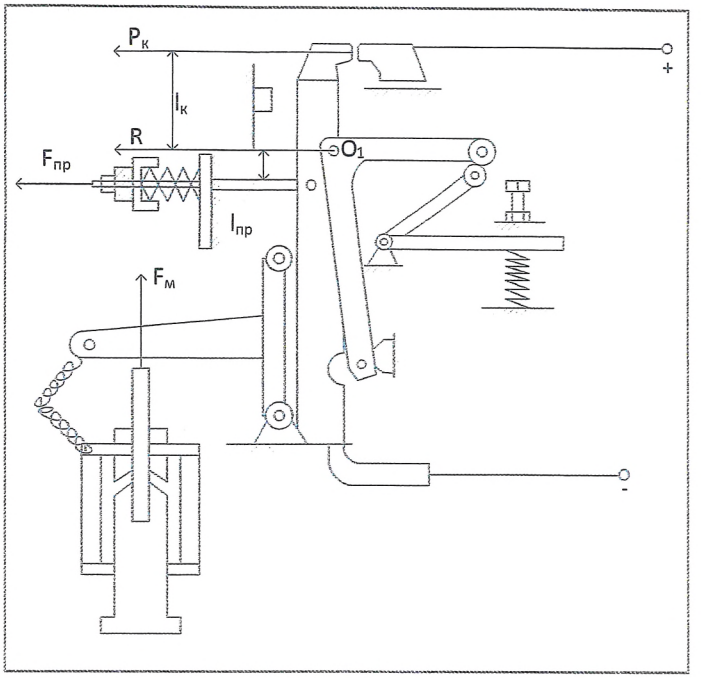


Схема действующих сил во включенном положении быстродействующего выключателя ББЗ-2 электровоза ВЛ10:
$F_м$ — сила нажатия штока электромагнита включения на изоляционную рукоятку включающего рычага; $F_{пр}$ — сила разжатия пружины; $P_к$ — нажатие контактов; R — равнодействующая сил $F_{пр}$ + $P_к$; O_1 — ось вращения рычага подвижного контакта, расположенная на защелкивающем одноплечем рычаге; $l_{пр}$ — плечо действия силы пружины ($l_{пр}$ = 40 мм, выдерживается строго по чертежу); $l_к$ — плечо действия силы нажатия контактов ($l_к$ = 80 мм, при обработке контактов без чертежа после наплавок этот размер увеличивается до 90 мм); $P_к$ = 90 — 100 Н (согласно руководству по эксплуатации электровоза ВЛ10)

факторов, влияющих на обеспечение технических требований к аппарату.

В технологических процессах нет необходимых чертежей деталей или сборок, поясняющих выполнение соответствующих пунктов. Поэтому каждый исполнитель — сам себе технолог.

Быстродействующий выключатель ББЗ-2 вспомогательных электрических цепей является высокоинтеллектуальным, многофункциональным и энергонепотребляемым аппаратом. После включения его вручную или от электромагнита он не требует электротока для удержания. ББЗ-3 имеет достаточно сложную многоступенчатую рычажную систему для обеспечения включения, защитных функций и нажатия контактов.

По истечении нескольких лет эксплуатации некоторые аппараты перестают включаться от электропривода при выставке значения нажатия контактов 90 — 100 Н. Отправляемые на текущий ремонт ТР-3 и в заводской ремонт аппараты возвращались с этим же дефектом.

При детальном анализе размеров плеч рычагов рычажной системы во включенном положении ББЗ-2 (см. рисунок) выяснилось, что подверглась изменению длина плеча контактного рычага, измеряемая от оси вращения рычага, расположенной на рычаге механизма защелки до линии контактирования контактов по причине многократных наплавок подвижных и неподвижных контактов и отсутствия чертежа. В шкафу одновременно находится несколько неподвижных и подвижных контактов с разницей до 10 мм по длине (высоте).

Во включенном статическом положении контактного рычага создается равновесие моментов сил относительно оси вращения O_1.

$$F_{пр} \cdot l_{пр} = P_к \cdot l_к.$$

$$F_{пр} = \frac{(P_к \cdot l_к)}{l_{пр}} = \frac{(9 \cdot 80)}{40} = 18 \text{ кг}.$$

При увеличении $l_к$ до 90 мм

$$F_{пр} = \frac{(9 \cdot 90)}{40} = 20{,}25 \text{ кг}.$$

Таким образом, необходимо увеличение сжатия (разжатия) пружины на 22,5 Н. В данных условиях по причине ограниченной мощности включающего электромагнита выключатель БВ3-2 не включается. В реальности для срабатывания механизма защелки требуется несколько большее сжатие отключающей пружины.

Огромный объем вопросов по бережливому производству имеется относительно эксплуатации, обслуживания, ремонта и содержания тяговых двигателей и колесно-моторных блоков. Самый главный из них — квалификация кадров. Так, один старательный и высокопроизводительный слесарь-моторист (он же слесарь по ремонту ЭПС) претендовал на оценку его квалификации 5-м разрядом, с достоинством поясняя, что он один может выполнить текущий ремонт всех восьми тяговых двигателей за нормированное время нахождения электровоза в ремонте.

Однако на простейшие вопросы о конструкции деталей фиксирующего устройства, их износов и причинах повреждений он не мог сказать ни единого слова. Вот некоторые из них. С какой целью сделано специальное фиксирующее устройство в дополнение к двум стопорам? С какой целью снимаются фаски на коллекторных пластинах? Размер их по чертежу 0,2 мм × 45°? Какое влияние на коммутационные процессы оказывают снятые фаски 0,5 мм × 45° и более, а также смещение щеток с нейтрали?

При отсутствии требований технологов и командиров исполнители по своему разумению фаски выполняют размером не менее 0,5 мм. Но выполняется ли должным образом обработка поверхностей коллекторных пластин после снятия фасок? Каково влияние обозначенных факторов на коммутацию электромашин? Как контролируется и обеспечивается установка щеток на нейтрали? Какова последовательность обязательных действий по сжатию, разжиму, фиксации и стопорению траверсы?

В инструктивном указании по установке щеток в нейтральное положение устройству фиксации траверсы не уделено должного внимания.

Щеткодержатели тяговых двигателей имеют винтовые натяжные пружины. Их натяжение (давление на щетку) регулируется винтом М4 со специализированной увеличенной головкой 12 мм. На нижней поверхности головки для стопорения от самоотворачивания выполнены два клинообразных выступа. Угол скоса составляет 30° к плоскости головки. Эти выступы входят в зацепление с впадинами на оси пальца щеткодержателя.

После многих десятилетий эксплуатации тяговых двигателей без претензий и замечаний к щеткодержателям начальник сервисного депо дает указание исполнителям аппаратного производственного участка регулировочный винт М4 ставить на краску, без всякого технологического сопровождения, без изменения трудоемкости ревизии щеткодержателей, без объяснения целесообразности данного мероприятия.

Не выдерживает никакой критики квалификация и компетенция кадров всех уровней сервисного депо относительно содержания и обслуживания вспомогательных электрических машин. Ничего не изменилось и при организации сервиса.

Без практического ознакомления с причинами нарушения процессов коммутации (появление искрения под щетками) выносится одно и то же заключение — короткое или межвитковое замыкание. Мотор-вентиляторы и мотор-компрессоры демонтируют с электровоза и складывают штабелями для их отправки в заводской ремонт. Электромашинный участок с целью оптимизации расходов был ликвидирован.

Очень показательной для всех уровней менеджмента качества и бережливости производства явилась последовательность действий по определению причин (диагностике) искрения под щетками мотор-вентилятора электровоза ВЛ10У, эксплуатировавшегося несколько месяцев в локомотивном депо и совершавшего первый межремонтный пробег после производства заводского ремонта. Казалось бы, абсолютно рядовой типичный случай. Обследование мотор-вентилятора должно было происходить обычным порядком при заходе электровоза на обслуживание на ПТО. Но начальник депо назначает выполнить данное обследование человека также малокомпетентного, малоопытного, до этого никогда не выполнявшего необходимых действий непосредственно на электровозах. Несмотря на солидный стаж работы, он так и не приобрел необходимых компетенций.

Для определения отклонения состояния электрических цепей обычно для удобства применяют метод контрольной лампы. А назначенный специалист вооружился мегометром. При обследовании он разделил цепь якоря от обмоток возбуждения путем поднятия щеток и определил, что сопротивление изоляции якоря находится в пределах нормы. Прозвонка цепи обмоток возбуждений полюсов от одного щеткодержателя показывала нормальную изоляцию, а от другого — заземление. Не отсоединяя перемычек от щеткодержателей и проводов от коробки зажимов, он доложил, что имеется заземление обмоток возбуждения. Вышестоящие руководители сервисного депо восприняли это сообщение как истину в последней инстанции и приготовились составлять акт-рекламацию, демонтировать мотор-вентилятор с электровоза для его возврата на завод.

Но те, кто понимает элементарный процесс работы электрических машин, тот скажет, что при коротком замыкании происходит отключение (срабатывание) электрических защитных аппаратов — дифференциального реле, быстродействующего выключателя, но не искрение под щетками.

Далее сообщили о происшедшем событии в региональную дирекцию тяги. Ее представитель, вооружившись карманным фонариком и миниатюрной отверткой, стал пошевеливать перемычки между щеткодержателями и коробкой зажимов. Т.е. он также не имел понятия о внешних проявлениях короткого замыкания и причинах появления искрения под щетками.

Осмотрев щетки, подоткнутые под пружины щеткодержателей, автор статьи подсказал представителю дирекции тяги, что щетка верхнего щеткодержателя наполовину короче остальных, что и является причиной искрения. Специалист, вынимавший щетки из щеткодержателя (даже малоопытный в практике устранения причин искрения) должен был почувствовать разницу нажатия пружины и укороченную длину одной из щеток!

В сервисной компании решили предъявить претензию ремонтному заводу, невзирая на то, что с укороченной щеткой мотор-вентилятор не мог отработать несколько месяцев в локомотивном депо. Также не имело смысла показывать свой низкий уровень компетенции, когда десятиминутный процесс обнаружения и замены укороченной щетки при выполнении планового технического обслуживания превратился в многоступенчатый и длительный процесс обследования с отставкой электровоза от эксплуатации на несколько суток.

Возникает закономерный вопрос — когда и откуда появилась укороченная щетка на электровозе? Это могло возникнуть, если имели место случаи обливания коллектора осевым или компрессорным маслом, расслабление нажатия пружин, скручивание шунтов щеток, укладка постороннего предмета на коллектор, эксплуатация коллектора с выступающими миканитовыми прокладками, т.е. без продорожки.

В последнее время появилась тенденция наносить крупнозернистой шкуркой извилистые полосы по кругу коллекторных пластин, чтобы засвидетельствовать обследование вспомогательных электрических машин по записям бортового журнала электровоза. Так, автору довелось наблюдать в верхнем ряду штабеля вспомогательных машин мотор-вентилятор с прикрепленной биркой «Гарантийный», который имел четкий отпечаток щеток подгара диаметрально противоположных коллекторных пластин.

Отсутствие должного уровня квалификаций и компетенций менеджеров по ремонту электровозов, пренебрежительное отношение к профессиональной литературе не позволяют налаживать техническую учебу ремонтного персонала на конкретных практических примерах. Разобранные в статье простые примеры свидетельствуют, что резервов (или по-другому — недостатков организации) бережливого производства предостаточно!

А.Ф. НОВИКОВ,
г. Пенза

ПРАВИЛА ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ ТРЕБУЮТ КОРРЕКТИРОВКИ

Кандидаты технических наук
С.А. ВИНОГРАДОВ,
заместитель генерального директора — заведующий отделением АО «ВНИИЖТ»,
В.И. РАХМАНИНОВ,
ведущий научный сотрудник,
инж. **А.С. БЕЛЯЕВ,**
заведующий лабораторией

Так называлась статья в журнале «Локомотив» № 6, 2017 г., автор которой д-р техн. наук В.Н. Игин (г. Москва) привел ряд замечаний по содержанию обновленных Правил тяговых расчетов для поездной работы (ПТР). Редакция пригласила специалистов, занятых организацией эффективной эксплуатации подвижного состава, обеспечением безопасности его движения, выразить мнение о предложенных автором статьи корректировках ПТР. Публикуем отклики, поступившие в адрес редакции нашего журнала.

1. ПРАВИЛА ТЯГОВЫХ РАСЧЕТОВ: КОММЕНТАРИИ РАЗРАБОТЧИКОВ

Разработчики новой редакции Правил тяговых расчетов для поездной работы (ПТР-2013) с благодарностью принимают любые замечания специалистов, если они направлены на совершенствование этого нормативного документа. Приведенные в статье д-ра техн. наук В.Н. Игина несоответствия характеристик, электротехнических и массогабаритных показателей тепловозов будут еще раз перепроверены и при необходимости откорректированы.

Автор статьи обращает внимание на отсутствие в новой редакции некоторых разделов по сравнению с предыдущим изданием ПТР-80. Замечание безосновательно, так как на первых этапах разработки ПТР-2013 с ведущими дирекциями ОАО «РЖД» — технической политики (ЦТех), управления движением (ЦД) и тяги (ЦТ) — было согласовано исключение разделов, связанных с паровозной тягой, подвижным составом узкой колеи, подшипниками скольжения, а также с технологией графического (ручного) выполнения тяговых расчетов. При необходимости эти справочные данные могут быть взяты из предыдущих изданий ПТР или соответствующих учебных пособий.

Действительно, в новой редакции ПТР широко используются так называемые внесистемные единицы величин. Но из этого не следует, что ПТР-2013 не соответствует системе СИ, так как в постановлении Правительства Российской Федерации от 31 октября 2009 г. № 879 «Об утверждении Положения о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации» указывается (раздел I, п. 2): «В Российской Федерации применяются единицы величин Международной системы единиц (СИ), принятые Генеральной конференцией по мерам и весам и рекомендованные к применению Международной организацией законодательной метрологии». При этом в п. 4 раздела II отмечается: «В Российской Федерации допускаются к применению основные единицы СИ, производные единицы СИ и отдельные внесистемные единицы величины».

Таким образом, внесистемные единицы величин, примененные в новой редакции ПТР, соответствуют Международной системе единиц (СИ) и постановлению Правительства РФ. Основные единицы системы СИ, производные и внесистемные, приводятся в приложениях № 1, 2 и 3 положения: длина — метр (м); масса — килограмм (кг), тонна (т); сила — ньютон (Н); время — секунда, минута, час, сутки; плоский угол — градус, минута, секунда. В приложении № 5 даются множители для образования кратных и дольных единиц величин. Единица измерения «вес» в системе отсутствует, что естественно, поскольку вес является разновидностью силы, направленной строго вертикально, а сила в системе СИ присутствует с размерностью Н, кН.

Пожелание д-ра техн. наук. В.Н. Игина об «устранении нелепых ошибок, связанных с процедурой перевода в систему СИ внесистемных единиц…» не может быть выполнено. Дело в том, что изменение масштаба шкалы силы тяги в ПТР-2013 с кгс на Н автоматически привело к увеличению численных значений таких показателей, как коэффициент сцепления, удельное сопротивление движению, удельное сопротивление от уклона и еще двадцати семи показателей в 9,81 раза, соответствующее ускорению свободного падения в м/с^2. Отрицательные последствия такого изменения при переходе на систему СИ были очевидны еще авторам ПТР-80 и они добились разрешения (ПТР-80, с. 3) сохранить прежнюю размерность силы тяги, оставив тем самым привычный уровень численных значений указанных выше показателей.

При подготовке новой редакции ПТР сотрудники АО «ВНИИЖТ» также неоднократно обращались в ОАО «РЖД» с просьбой сохранить прежний уровень значений показателей, используя размерность силы тяги — кгс, т.е. как было в ПТР-80. Ответ был однозначен: при подготовке любых документов, в том числе ПТР, следует руководствоваться положениями системы СИ, в соответствии с которыми сила тяги должна иметь размерность Н, кН, а характеристика вагонов, локомотивов, поездов выражаться массой с размерностью кг, т. В соответствии с приведенными указаниями и была подготовлена новая редакция ПТР-2013.

Особенность ситуации заключается в том, что в большинстве ранних источников, кроме ПТР-80, использовался термин «вес» — вес вагона, вес поезда, вес локомотива, весовая норма, давление от оси на рельсы, осевая нагрузка. Это понятно, так как в период паровой тяги, да и после термин «масса» не имел распространения и под термином «вес» подразумевались и разновидность силы, направленной вертикально, и показатель инертности тела-массы с одинаковыми численными значениями. ПТР-80 можно отнести к документам переходного периода, в котором используются исключительно термины системы СИ — масса вагона, масса локомотива, масса поезда, масса, приходящаяся на ось, с размерностью тонна, соседствующие с размерностью силы тяги — кгс, а также удельным сопротивлением движению — кгс/т.

Сторонники сохранения прежнего уровня численных значений указанных выше показателей нашли способ обойти возникшие затруднения, формально сохраняя терминологию системы СИ — масса с размерностью тонна, с фактическим переводом массы в категорию «веса» путем умножения на g = 9,81 м/с^2. Иными словами, если масса, например, локомотива составляет 200 т, то в расчетах следует пользоваться величиной 200·9,81 = 1962 кН, что компенсирует перевод силы тяги из кгс в Н и сохраняет прежнее значение показателей.

Соответственно, удельные сопротивления движению приобретают размерность Н/кН, т.е. становятся безразмерными в отличие от принятых в ПТР-80, имеющих размерность кгс/т (отношение силы к массе). Если следовать такому подходу, то результат расчета «веса» поезда по известной формуле № 76 ПТР-80 при равномерной скорости на расчетном подъеме будет иметь размерность кН. Другими словами, масса поезда 6000 т будет выражена числом 58869 кН.

Удельное сопротивление движению. Этот показатель в ПТР-80 имеет размерность кгс/т, в ПТР-2013 — Н/т, т.е. и в одном, и в другом случае отношение силы к массе с учетом изменения масштаба шкалы силы. Сторонники сохранения прежних численных значений показателей настаивают на размерности удельного сопротивления Н/кН, оправдывая это тем, что сопротивление движению зависит от силы давления колеса на рельс (осевая нагрузка). Это не так.

В силу действия параллелограмма сил на уклоне этот показатель является функцией профиля пути. В практических расчетах этим фактором пренебрегают, однако как физическое явление он присутствует. Например, каким образом аэродинамическую составляющую сопротивления движению увязать с давлением колеса на рельс, так же как и потери в подшипниках и в сцепных приборах?

Следуя этой логике, удельный расход топлива должен иметь размерность Н/кН·км брутто вместо кг/т·км брутто. Таким образом, вне зависимости от масштаба шкалы силы тяги (сопротивления движению), физической характеристикой поезда, вагона, локомотива может быть только универсальный независимый показатель — масса с размерностью тонна.

Удельное сопротивление движению от уклона традиционно равно величине самого уклона в промилле — ‰. Это условность, ибо как может физическая величина с размерностью кгс/т или Н/т соответствовать соотношению сторон треугольника? Тем, кто работал в Технической системе единиц, придется смириться с тем, что теперь $\omega_i = 9{,}81 \cdot i$ Н/т, так же как они смирились с тем, что сила тяги локомотива, равная ранее, например, 40000 кгс, теперь составляет 392,4 кН.

Коэффициент сцепления. Д-р техн. наук В.Е. Розенфельд в учебнике 1983 г. указывает, что «сила сцепления имеет природу силы трения» и может быть выражена формулой $F_{сц} = G_к \cdot \Psi_к$, где $\Psi_к$ — коэффициент сцепления колеса с рельсами, $G_к$ — сила нажатия колеса на рельс. При этом он уточняет, что $\Psi_к$ зависит от многих факторов и, в первую очередь, от скорости движения. Ни один из известных авторов не приводит решения этого уравнения относительно $\Psi_к$, что естественно, поскольку в соответствии с законом физики коэффициент трения не зависит от давления (силы нажатия колеса на рельс) в отличие от силы трения (силы сцепления, силы тяги).

Сторонники безразмерности коэффициента сцепления, по всей видимости, не учитывают отмеченное обстоятельство. Тогда как профессор В.Е. Розенфельд в своем учебнике, используя размерность системы СИ (массы — т, силы — кН), приводит две равноценные размерности удельных сил — Н/кН и Н/т. Первая безразмерная — отношение силы к силе, вторая — имеет размерность отношения силы к массе. Такая двойственность, скорее всего, обусловлена стремлением педагога изложить материал в наиболее доступной форме, с учетом устоявшихся представлений, когда вес и масса в Технической системе единиц практически не отличались.

Исходя из того, что коэффициент сцепления является ни чем иным как удельным показателем силы тяги в специфических условиях ограничения по сцеплению, увязывать его с весом (давлением от оси на рельс, осевой нагрузкой) ошибочно. Ведь этот параметр формально является функцией профиля пути в силу действия параллелограмма сил на уклоне, а также функцией неровностей пути и характеристики рессорного подвешивания.

Кроме того, при реализации силы тяги происходит перераспределение давления на ось как в пределах каждой тележки, так и кузова в целом по сравнению с состоянием покоя на площадке. В то же время, преодоление поездом неблагоприятного по сцеплению участка пути происходит не за счет силы давления на ось, а исключительно за счет инерции масс.

Таким образом, в соответствии с законами физики и положениями системы СИ коэффициент сцепления локомотивов является физической величиной — разновидностью удельного показателя силы с размерностью Н/т, где масса локомотива является универсальной характеристикой, независящей от эксплуатационных факторов.

Подводя итог нашим суждениям, отметим, что предметом дискуссии о размерности физических величин, применяемых в ПТР-2013, являются два альтернативных варианта.

① Сохранение привычного (ПТР-80) уровня численных значений основных показателей и коэффициентов с переводом их из категории, имеющей размерность отношения силы к массе, в безразмерную категорию отношения силы к силе Н/кН и представлением «веса» поезда в размерности кН.

② Сохранение физически обоснованной размерности величин ПТР-80, но с увеличением численных значений основных показателей и коэффициентов в 9,81 раза в соответствии с директивным изменением масштаба шкалы сил (система СИ) и представлением массы поезда в размерности т.

Правила тяговых расчетов для поездной работы в новой редакции (ПТР-2013) подготовлены в соответствии со вторым вариантом.

2. ВЗВЕШЕННО ПРИМЕНЯТЬ ПЕЧАТНОЕ СЛОВО

А.Г. ИОФФЕ, г. Москва

Полемические публикации в журнале всегда вызывают повышенный интерес. Не стала исключением и статья д-ра техн. наук В.Н. Игина (г. Москва) «Правила тяговых расчетов требуют корректировки». Понятно желание автора, чтобы такой важнейший документ, как Правила тяговых расчетов (ПТР), был максимально выверен и не имел огрехов. Однако, на мой взгляд, данный критический материал, в свою очередь, вызывает ряд вопросов.

Первое, на чем остановился автор статьи, касается применяемых в ПТР единиц измерения. Он резонно замечает, что в правилах применяется много внесистемных единиц измерения. Давайте разберемся в этом глубже. Что такое система единиц и для чего ее вводят? Основа в построении любой системы единиц, в том числе и СИ, состоит в согласованности между единицами — основными и производными.

Так, если вычислять мощность, используя величины, выраженные строго в единицах СИ, например, в килограммах массы, метрах и секундах, то при этом получится результат, выраженный в ваттах. Также в ваттах будет выражена мощность в цепи постоянного тока, вычисленная с использованием величин тока в амперах и напряжения в вольтах. При этом в обоих случаях численный результат будет получен без применения каких-либо переводных коэффициентов.

Но для этого, скажем, длина всегда должна быть выражена строго в метрах, независимо от того, что это — размер элементарной частицы или расстояние между галактиками. Ведь даже такие единицы, как миллиметры, сантиметры и километры, строго говоря, оказываются вне системы СИ. С точки зрения физических основ это правильно, вносит четкость и однозначность. Но практически это оказывается неудобным, так как величины будут выражаться числами либо с огромным количеством нулей до или после запятой, либо числами, умноженными на 10 в той или иной степени.

И в первом случае, и во втором это выглядит громоздко, ненаглядно, к тому же, чревато ошибками. Не случайно, например, в чертежах все линейные размеры проставляются в миллиметрах, а углы — в градусах. Получается, что и все чертежи, выполненные за последние 50 лет, тоже надо переделывать. Поэтому на практике в том же упомянутом автором ГОСТ 8.417—2002 допускается применение и внесистемных единиц.

В.Н. Игин упрекает разработчиков ПТР в том, что они применили такие единицы измерения и предлагает полностью отказаться от этого. Но чем обернется столь фанатичное следование не столько духу, сколько букве системы СИ? Насколько наглядны будут расчеты, если углы измерять в радианах, энергию в джоулях и др.? Тем более, что автор сам признает то, что данные внесистемные единицы допущены упомянутым ГОСТом. Так есть ли смысл в таких жестких требованиях?

Сразу вслед за упреками в неполном следовании системе СИ автор задает вопрос о том, почему коэффициент сцепления из безразмерной величины преобразился в величину с размерностью. Как известно, традиционно коэффициент сцепления трактовался как отношение касательной силы тяги к весу локомотива. Так как оба параметра представляют собой величины силы, которые имеют одинаковые единицы измерения, то данный коэффициент размерности не имел.

Однако в свое время вновь введенные общегосударственные нормативные документы потребовали повсеместно исключить из технической документации такое понятие, как вес, что и было сделано в чертежах, инструкциях, технических описаниях, где утвердился показатель массы. Что касается тяговых расчетов, то здесь долгое время шли дебаты. Ведь в сущности к физическому смыслу коэффициента сцепления имеет отношение именно вес, т.е. вертикально направленная сила тяжести, конечно с учетом влияния уклона, а не масса как показатель инерционности тела.

Однако общие требования метрологического единообразия заставили исключить понятие веса также из тяговых расчетов. Теперь его роль стала играть масса. Но у массы и касательной силы тяги разные единицы измерения. Естественно, что при этом коэффици-

ент приобрел размерность. Кроме того, единица силы в системе СИ (Ньютон) численно в 9,81 раз меньше, чем ранее применявшаяся единица силы (кгс). Соответственно, изменились и численные значения коэффициентов. Следует ли в этом винить разработчиков ПТР? Довольно странная логика — обвинить авторов ПТР в неполном соблюдении системы СИ и тут же сетовать на прямое следствие применения этой системы.

Автор критической статьи обращает внимание на разночтения в величинах скорости длительного режима для тепловозов М62. Почему, дескать, в ПТР указана скорость 20,9 км/ч, тогда как в Технических условиях ее величина составляет 20? На самом деле все объясняется довольно просто. Тепловоз М62 создавался с тяговыми электродвигателями ЭД-107А, тяговой передачей с модулем 11 мм и передаточным отношением, равным 15:68 = 1:4,53.

Скорость длительного режима у локомотивов этой серии составила 20 км/ч. Но с середины 1970-х годов на тепловозах М62, а затем и на всех его модификациях (2М62, 2М62У и 3М62У) стали применять тяговые двигатели ЭД-118А. Они содержат тяговые редукторы, которые имеют модуль зацепления 10 мм и передаточное отношение, равное 17:75 = 1:4,412. Это небольшое изменение передаточного отношения вызвало незначительное увеличение скорости длительного режима до значения 20,9 км/ч.

Конечно, если занимать формальные позиции, можно требовать строгого соблюдения ТУ. Но ведь за прошедшие более чем 40 лет тепловозы, построенные в первой половине 70-х годов, многократно прошли заводские ремонты, и сейчас колесно-моторных блоков старого типа на линии не встретить. Так стоит ли требовать возвращения норматива, связанного с уже несуществующей конструкцией?

Далее д-р техн. наук В.Н. Игин считает, что для тягового двигателя ЭД-118А неверно указана величина тока длительного режима (720 А) для разных локомотивов. Как известно, ток длительного режима определяется максимально допустимым нагревом обмоток. Но для одного и того же типа электродвигателя величина этого тока может зависеть только от интенсивности охлаждения.

И что делать, если в паспортной характеристике этого тягового двигателя при нормируемом расходе охлаждающего воздуха 1,33 м^3/с и его статическом давлении 1570 Па для длительного режима указаны значения тока 720 А при низшем напряжении 463 В и 476 А при высшем напряжении 700 В? То есть ток длительного режима составляет действительно 720 А. На тепловозах с одним и тем же типом и количеством тяговых двигателей (например, у серий М62, ТЭ10 и 2ТЭ116) реализация различной мощности возможна благодаря отличающимся характеристикам тяговых генераторов, в частности, с разными величинами напряжения.

Кстати, не вполне понятно, почему д-р техн. наук В.Н. Игин указал для тепловоза 2ТЭ116 мощность тягового генератора 2800 кВт. Действительно, на тепловозе этой серии установлен тяговый генератор ГС-501А, паспортная мощность которого составляет 2800 кВт. Но этот тяговый генератор создавался с тем, чтобы его можно было применять на тепловозах разных серий, в частности, на более мощных локомотивах ТЭП70 (кроме первых семи экземпляров), а также 2ТЭ116У, 2ТЭ25КМ.

Как известно, у тепловоза 2ТЭ116 (кроме 14 тепловозов постройки 2007 и 2008 гг.) мощность дизеля составляет 2250 кВт. Поэтому не совсем понятно, как автор критической публикации предполагает на этом локомотиве реализовать на четверть более высокую мощность генератора ГС-501А. Любопытно, что в следующем абзаце он упрекает разработчиков ПТР в том, что они ошиблись на целый метр (!) или на 3 % в указании значения длины тепловоза 2ТЭ116У. Хорошо, конечно, что В.Н. Игин подметил эту неточность. Но все же было бы совсем неплохо, если бы, заметив данную ошибку, и сам автор при подготовке статьи был точнее в оценке также отнюдь не менее важного параметра, как мощность тягового генератора.

Удивляет упрек автора опубликованной статьи в том, что в ПТР отсутствуют нормативы по паровозной тяге, что, дескать, не дает возможности формировать заявки на поставку угля. С формальных позиций трудно возразить. Коль скоро есть паровозы, должны быть и их тяговые и расходные характеристики. Но дело в том, что упомянутые автором состоящие в инвентарном парке 100 единиц паровозов имеют срок службы, далеко переваливший за все возможные нормативы.

Когда отсутствует база для полноценного капитального ремонта и серийного изготовления необходимых запасных частей, только самоотверженный труд энтузиастов позволяет поддерживать эти локомотивы-ветераны в работоспособном состоянии при безусловном соблюдении требований безопасности движения. Ожидать от этих паровозов строгого соответствия паспортным тягово-теплотехническим характеристикам, по меньшей мере, не приходится. Да и какие могут быть тяговые расчеты применительно к ретропоездам, с которыми работают эти паровозы?

В последнем абзаце критической статьи ее автор призывает к вдумчивому подходу к разработке Правил тяговых расчетов. Хотелось бы, чтобы не меньшую вдумчивость проявляли и авторы, направляя материалы в редакцию журнала. Ведь в указанных выше вопросах можно было бы разобраться уже на стадии подготовки статьи, а на всеобщее обсуждение выносить действительно существенные аспекты, актуальные для совершенствования такого важнейшего документа, как ПТР.

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

Высокая оценка экспертов

Рейтинговое агентство RAEX (Эксперт РА) присвоило рейтинг кредитоспособности компании «Трансмашхолдинг» по новой методологии на уровне ruAA (что соответствует рейтингу А++ по ранее применявшейся шкале). По рейтингу установлен стабильный прогноз. Ранее компании присваивался рейтинг на уровне А++ со стабильным прогнозом. Об этом сообщили в Департаменте по внешним связям Трансмашхолдинга.

Присвоив высокий рейтинг надёжности, «Эксперт РА» подтвердило оценку качества работы компании и её рыночных перспектив. Среди сильных сторон Трансмашхолдинга как бизнеса агентство отмечает высокие рыночные и конкурентные позиции и широкую географическую диверсификацию бизнеса, поддержку со стороны государства и собственников, наличие крупного и надежного потребителя продукции (в лице ОАО «Российские железные дороги»). Эксперты агентства отмечают характерный для холдинга высокий уровень прогнозной ликвидности на горизонте в 18 месяцев и произошедшее в течение первого полугодия 2017 г. существенное снижение долговой нагрузки.

Помимо «Эксперта РА», в 2016 г. кредитный рейтинг Трансмашхолдингу присвоило также международное рейтинговое агентство Fitch, установившее его на уровне BB– по международной шкале со стабильным прогнозом.

Высокая оценка кредитоспособности, которую дали Трансмашхолдингу рейтинговые агентства, позволила компании в феврале 2017 г. успешно разместить на Московской бирже трехлетние биржевые облигации на сумму 10 млрд. руб. Ставка купона была определена в 9,95 % годовых (существенно ниже рыночных ставок по банковским кредитам и ниже ключевой ставки, действовавшей на тот период времени). Спрос на бумаги в ходе размещения превысил предложение в 4 раза.

По материалам Департамента по внешним связям ЗАО «Трансмашхолдинг»

АЭРОФИТОСЕНСОРНАЯ КОМНАТА ПОВЫШАЕТ АДАПТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОРГАНИЗМА

О.Л. ЯКОЦУЦ,
Физкультурно-оздоровительный центр эксплуатационного локомотивного депо Абакан II Красноярской дирекции тяги

Специалистами Физкультурно-оздоровительного центра эксплуатационного локомотивного депо Абакан II Красноярской дирекции тяги в период с 2015 г. внедрена программа моделирования аэрофитосенсорного пространства. Эта программа предполагает создание определенных аэрофитосенсорных условий, способствующих нормализации физиологических и психологических состояний работников локомотивных бригад. В 2016 г. этот проект был представлен на Всероссийский конкурс на лучшее инновационное решение в области обеспечения безопасных условий труда в номинации «Здоровье и безопасность». По результатам конкурса получен диплом лауреата.

Внедрение программы было связано с тем, что организм машиниста и помощника во время поездки испытывает постоянные стрессовые воздействия. Вибрация, шумовые помехи, неравномерность светового освещения, температуры воздуха в кабине, статичная поза и др. — все перечисленное способствует изменению уровня функционирования отдельных систем организма и напряжению регуляторных механизмов.

В данном случае адаптационно-приспособительная деятельность во время работы требует энергетических затрат и сокращает функциональные резервы организма, тем самым снижая общий потенциал локомотивной бригады, создавая зону риска для безопасности движения. В результате после рабочей смены работник ощущает общую усталость, сонливость, снижение физического и эмоционального тонуса, ослабление концентрации внимания и т.д. Поэтому необходимо создавать условия для предрейсовой и послерейсовой стабилизации разбалансированных процессов организма.

Такие условия предоставляет аэрофитосенсорная комната, позволяющая получать положительные эмоции и приятные ощущения. Так, мягкие, светлые тона стен и пола создают ощущение комфорта; имеется возможность принять удобное положение на мягких сидениях, повторяющих форму поверхности тела, которая соответствует состоянию мышечного тонуса туловища и конечностей и способствует расслаблению.

Медленно передвигающиеся неяркие световые, цветовые эффекты и релаксирующая музыка, ароматические масла с разным назначением, различные тактильные и вестибулярные ощущения нормализуют состояние органов зрения и слуха, развивают зрительно-моторную координацию, тактильную чувствительность кончиков пальцев. Для оптимизации моторных навыков, необходимых в работе локомотивной бригады, используются так называемые переключающие системы, реагирующие на прикосновение пальца, ладони, сотрясение или вибрацию.

С целью организации фитофона в комнате представлено свыше десяти видов растений. Например, гербера, драцена и фикус лучше очищают воздух, выделяя кислород и поглощая углекислоту, освобождая воздух от микробов и пыли; лимон насыщает воздух большим количеством летучих фитонцидов, улучшает самочувствие, повышает функциональную активность организма, стимулирует его защитные силы.

Посредством аэрофитотерапевтической аппаратуры для ингаляции (АГЭД-01) дозируется концентрация паров эфирных масел, что способствует профилактике ряда заболеваний.

Необходимую роль в организации аэрофитосенсорного пространства играет люстра Чижевского. Она создает искусственную аэроионизацию, продуцируя в воздухе отрицательно заряженные частицы кислорода, которые повышают уровень жизнедеятельности человека.

Сеанс в аэрофитосенсорной комнате продолжительностью 15 — 20 мин способствует «оккупации мозга» сенсорными стимулами, помогает достичь состояния релаксации (расслабления), на фоне которой нормализуются многие функции человеческого организма. Состояние расслабления, достигаемое в подобном помещении, является, с одной стороны, благоприятным психотерапевтическим фоном, а с другой стороны, возбуждает интерес и стимулирует подвижность всех систем организма.

Экспериментально представленная технология позволила выявить ее эффективность в процессе предрейсового и послерейсового медицинского осмотра (см. таблицу). Представленные показатели позволяют выявить факт снижения случаев отстранений по причине изменения частоты сердечных сокращений в среднем в год на 4,75 случая и показателей артериального давления на 3,75 случая. Это позволяет определить экономический эффект проекта в процентном соотношении на 23,3 %, в суммарном эквиваленте затраты в среднем уменьшаются на 2 730,9 руб.

Показатели эффективности аэрофитосенсорной модели экспресс-подготовки работников локомотивных бригад к предрейсовому и послерейсовому медицинскому осмотру в период 2014 — 2017 гг.

Причины отстранений машинистов и помощников	2014 г.		2015 г.		2016 г.		Ожидаемые показатели 2017 г.	
	%	Кол-во случаев	%	Кол-во случаев	%	Кол-во случаев	%	Кол-во случаев
Отстранения (от списочного состава)	0,081	92	0,072	81	0,088	76	0,068	46
Превышение артериального давления	22,8	21	19,7	16	11,8	9	8,6	4
Изменение частоты сердечных сокращений	25,0	23	24,6	20	7,8	6	4,3	2

Следует также отметить тот факт, что исключение случаев отстранений на предрейсовом осмотре снижает риск срыва графика движения поездов, не происходит временной замены бригады, уменьшаются расходные ставки поездного простоя (255,14 × 3 ч = 765,42 руб.)

Таким образом, организация аэрофитосенсорного пространства способствует изменению механизма дезадаптации организма работников локомотивных бригад.

В рамках физкультурно-оздоровительного центра предлагается комплексное аэрофитосенсорное воздействие на организм человека, которое включает: искусственное моделирование естественного фитофона, сенсорное, кинестетическое, аэрофиторегулирование в условиях оздоровительно-профилактического кабинета с помощью ряда аппаратных и иных средств.

ОСОБЕННОСТИ СИЛОВЫХ ЦЕПЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ СЕРИИ ЭП1

А.А. ПОТАНИН, О.В. МЫСКОВ,
преподаватели Юго-Восточного учебного центра профессиональных квалификаций, г. Воронеж

ВЫСОКОВОЛЬТНАЯ ЦЕПЬ

Высоковольтные цепи электровозов ЭП1 и ЭП1М(П) в целом одинаковы. Отличие заключается в том, что на локомотивах ЭП1М(П) вместо токоприемников Л-1У1 устанавливают асимметричные токоприемники ТАсС-10-01.

После подъема токоприемника ХА1 (ХА2) и включения главного выключателя (ГВ) QF1 создается цепь: контактный провод → токоприемник ХА1 или ХА2, дроссель помехоподавления L1 или L2 → крышевой разъединитель QS1 или QS2 → главный выключатель QF1 → фильтр снижения радиопомех с конденсатором переменной емкости Z1 → трансформатор тока Т2 (главный ввод) → первичная обмотка тягового трансформатора А — Х → трансформатор тока Т3 счетчиков электроэнергии → токосъемные устройства букс ХА3 — ХА5 → колесная пара → рельс.

Первичная обмотка трансформатора Т1 соединена с кузовом электровоза через дроссель L3, чтобы исключить появление на корпусе высокого напряжения в случае отсутствия цепи через токосъемные устройства букс ХА3 — ХА5. В этом случае токосъемное устройство ХА6 обеспечивает соединение кузова электровоза с рельсом через колесную пару. Для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений контактной сети установлен ограничитель перенапряжений F1.

СИЛОВЫЕ ЦЕПИ

Единственное отличие силовых цепей электровозов ЭП1 и ЭП1М(П) связано с использованием на локомотивах ЭП1М(П) модульных кабин с новыми пультами управления. Поэтому в их высоковольтной схеме вместо резисторов амперметров в цепь тяговых двигателей (ТД) включены датчики тока Т41 и Т42, к которым подсоединены амперметры РА1 и РА2 «Якорь», установленные в пультах управления обеих кабин.

Силовая цепь тяговых двигателей в режиме тяги. Напряжение на ТД подается от вторичных тяговых обмоток трансформатора через выпрямительно-инверторные преобразователи (ВИП). При повреждении они отключаются трехножевыми разъединителями QS3 — QS6 с ручным приводом.

Двигатели ТД1 — ТД3 подключены через ВИП (U1) к тяговым обмоткам а1 — х1, а ТД4 — ТД6 через ВИП (U2) — к обмоткам а2 — х2 второго плеча тягового трансформатора. Напряжение каждой из четырех секций а1 — 1, 1 — 2, а2 — 3, 3 — 4, являющихся вторичными регулируемыми тяговыми обмотками, в режиме холостого хода трансформатора составляет 315 В. Напряжение двух секций нерегулируемых обмоток 2 — х1 и 4 — х2 в режиме холостого хода равно 630 В.

Напряжение на ТД изменяется с помощью четырехзонного плавного регулирования выпрямленного напряжения: I зона — от 0 до 315 В; II зона — от 315 до 630 В; III зона — от 630 до 945 В; IV зона — от 945 до 1260 В (данные соответствуют режиму холостого хода трансформатора).

Переход из одной зоны регулирования в другую происходит путём открытия или запирания тиристоров в плечах ВИП, т.е. плечи ВИП подключаются к определенным секциям тяговых обмоток. Регулирование напряжения на ТД в пределах одной зоны осуществляется изменением угла открытия тиристоров ВИП.

Рассмотрим цепь тока по ТД1 — ТД3 в первый полупериод на I зоне регулирования (0 — 315 В). В этом случае они запитываются от секции регулируемой тяговой обмотки 2-1: вывод 1 вторичной регулируемой тяговой обмотки → нож разъединителя QS3 (отключает ВИП1) → катушка реле КА1, вывод 2 ВИП → плечо 3 (ВИП U1) → сглаживающий реактор L5 (снижает пульсации выпрямленного тока в цепи ТД).

После этого ток распределяется на три параллельные цепи к соответствующим двигателям. В качестве примера рассмотрим цепь тока через ТД1: замкнутые силовые контакты быстродействующего выключателя (ВБ-8) QF11 (защищает ТД от токов перегрузки и короткого замыкания) → шунт амперметра PS1 или датчик тока Т41 → якорные обмотки Я1 — Д2 ТД1 → силовые контакты тормозного переключателя QT1, замкнутые в режиме тяги → силовые контакты реверсора QP1, замкнутые в положении «Вперед» → обмотка возбуждения С1 — С2 → силовые контакты реверсора QP1 → нож разъединителя QS11 отключения ТД1 → силовые контакты тормозного переключателя QT1.

Цепь ТД2 отличается от рассмотренной только изменением направления тока в обмотке возбуждения: от С2 к С1 за счет другой пары замкнутых силовых контактов реверсора QP1. Цепь тока для ТД3 аналогична цепи ТД1.

Далее три параллельные цепи вновь объединяются в одну, и ток протекает по цепи: плечо 6 и вывод 3 ВИП U1 → датчик угла коммутации Т15 → катушка реле КА2 (защита ВИП и тяговых обмоток трансформатора от перегрузки и токов короткого замыкания) → нож разъединителя QS5 (отключение ВИП) → вывод 2 регулируемой секции тяговых обмоток.

Тяговые обмотки и ВИП защищены от токов короткого замыкания с помощью токовых реле перегрузки КА1 — КА6 (6000 ± 200) А. Когда последние срабатывают, от обмотки собственных нужд трансформатора подается напряжение на катушку отключающего электромагнита переменного тока ГВ.

Цепь тока ТД1 — ТД3 во второй полупериод на I зоне регулирования: вывод 2 вторичной регулируемой тяговой обмотки → нож разъединителя QS5 (отключения ВИП 1) → катушка реле КА2 → датчик угла коммутации Т15 → вывод 3 и плечо 5 ВИП U1 → сглаживающий реактор L5. Далее ток протекает по трем параллельным цепям через три ТД (аналогично первому полупериоду). Затем цепи тока вновь объединяются в одну, и ток протекает по общей цепи: плечо 4 и вывод 2 ВИП U1 → катушка реле КА1 → нож разъединителя QS3 → вывод 1 регулируемой тяговой обмотки.

Цепь тока второй группы ТД, в которую входят ТД4 — ТД6, в первый полупериод проходит следующим образом: вывод 3 регулируемой вторичной тяговой обмотки трансформатора → нож разъединителя QS4 (отключение ВИП 2) → катушка реле КА4 → вывод 2 и плечо 3 (ВИП U2) → сглаживающий реактор L6. Далее ток протекает по трем параллельным цепям к соответствующим двигателям.

В качестве примера рассмотрим цепь ТД6: замкнутые силовые контакты ВБ QF13 → шунт амперметра RS2 (или датчик тока Т42) → якорные обмотки Я1—Д2 → силовые контакты тормозного переключателя QT1, замкнутые в положении «Тяга», → силовые контакты реверсора QP1, замкнутые в положении реверсора «Назад», → обмотка возбуждения С2 — С1 → силовые контакты реверсора QP1 → нож QS13 разъединителя ТД6 → силовые контакты тормозного переключателя QT1. (Цепь ТД4 будет аналогичной, цепь ТД5 отличается только направлением тока в обмотке возбуждения.)

Дальнейший путь тока: общая шина → плечо 6 и вывод 3 ВИП U2 → датчик угла коммутации Т17 → катушка реле КА5 → нож разъединителя QS6 (отключение ВИП) → вывод 4 регулируемой секции тяговых обмоток. Во второй полупериод цепь тока изменится так же, как и на ТД1 — ТД3.

Вторая — четвертая зоны регулирования отличаются от рассмотренной цепи иной схемой подключения секций тяговых обмоток, соответствующей алгоритму управления тиристорами ВИП.

Чтобы контролировать ток ТД, в цепи якорей включены датчики тока Т21 — Т23, обеспечивающие совместно со шкафом МСУД (А55) управление ВИП. С помощью датчиков угла коммутации Т15 — Т18, включенных в цепь тяговых обмоток, система МСУД обеспечивает контроль и регулирование угла открытия тиристоров ВИП.

Измерительные трансформаторы Т11 — Т14 контролируют параметры тока и напряжения в обмотках тягового трансформатора. Они используются для синхронизации параметров работы аппаратуры электровоза и контактной сети в режиме рекуперации.

Напряжение ТД измеряется вольтметром PV4, установленным в цепи ТД5. От коммутационных перенапряжений вольтметр защищен конденсатором С20, от токов короткого замыкания — плавкой вставкой F20.

Для снижения уровня атмосферных и коммутационных перенапряжений в цепях тяговых обмоток установлены ограничители перенапряжении F3, F4. Чтобы уменьшить потенциал относительно корпуса и уровень радиопомех, тяговые обмотки соединены с корпусом электровоза через конденсаторы С1, С2 и конденсаторы С11 — С14. Для снижения пульсаций тока в обмотках возбуждения ТД их зашунтировали резисторами R11 — R13 (выводы Р3, Р0).

Режим ослабления поля. После полного открытия тиристоров в конце 4-й зоны регулирования дальнейшее увеличение скорости электровоза обеспечивается включением режима ослабления возбуждения ТД. Этот режим создается путем шунтирования обмоток возбуждения ТД

специальными резисторами R1 — R3 и последовательно соединенными с ними индуктивными шунтами L11 — L16.

На локомотивах предусмотрены три ступени ослабления возбуждения:

1-я ступень — 74 %, включены контакторы К11 — К13;

2-я ступень — 57 %, включены контакторы К11 — К13, К21 — К23;

3-я ступень — 48 %, включены контакторы К11 — К13, К21 — К23, К31 — К33.

Эти величины показывают, какая часть тока якоря протекает через обмотку возбуждения двигателя. Пневматические контакторы ослабления поля К11 — К13 включаются при получении питания соответствующими электропневматическими вентилями.

Индуктивные шунты L11 — L16 в цепи ослабления возбуждения предназначены для снижения бросков тока и облегчения условий коммутации ТД при колебаниях напряжения в контактной сети или его восстановлении после кратковременного снятия. На электровозах предусмотрен автоматический режим ослабления возбуждения в режиме рекуперации. Это необходимо для выравнивания нагрузки на всех ТД электровоза в режиме электрического торможения.

Величина тормозной силы разных ТД электровоза может отличаться, в том числе из-за допускаемой разницы в характеристиках двигателей. В этом случае ослабление возбуждения включается без участия контакторов К11 — К13, только благодаря открытию тиристоров V1 — V3, которыми управляет микропроцессорная система МСУД-Н.

При разной нагрузке ТД в режиме рекуперативного торможения тиристоры V1 — V3 образуют цепь тока через резисторы ослабления поля Р4, Р3, создавая регулируемый режим ослабления возбуждения. Величина магнитного поля регулируется МСУД-Н путем регулирования угла открытия тиристоров, индивидуально для каждого ТД до выравнивания нагрузки на всех двигателях электровоза.

Силовая цепь тяговых двигателей в режиме электрического торможения. Напомним, что в режиме рекуперативного торможения тяговые электромашины работают как генераторы постоянного тока с независимым возбуждением. Возврат электроэнергии в сеть осуществляется путем инвертирования вырабатываемого якорными обмотками ТД постоянного тока в переменный ток промышленной частоты. Для цепи независимого возбуждения ТД применяется двухполупериодная схема выпрямления тока с общей нулевой точкой.

Обмотки возбуждения тягового трансформатора (выводы а4 — х4) имеют общий вывод 6, напряжение холостого хода каждой секции обмотки возбуждения а4 — 6 или 6 — х4 равно 135 В. Выпрямительная установка возбуждения (ВУВ 118) имеет два управляемых плеча.

Для сбора силовой схемы рекуперативного торможения переключатели QT1 должны быть переключены в тормозное положение, контактор возбуждения К1 — включен. Также должны находиться во включенном положении быстродействующие выключатели QF11 — QF13.

Цепи независимого возбуждения ТД:

первый полупериод — вывод а4 (секция а4 — 6, обмотки возбуждения тягового трансформатора) → разъединитель QS7 (отключения ВУВ) → плечо 1 ВУВ (U3) → силовые контакты QT1 тормозного переключателя ТД6 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS13 для отключения ТД6 → силовые контакты QP1 реверсора ТД6 (замкнуты в положении «Назад») → обмотка возбуждения С1 — С2 ТД6 → силовые контакты QP1 реверсора ТД6 → силовые контакты QT1 тормозного переключателя ТД5 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS12 для отключения ТД5 → контакты QP1 реверсора ТД5 (замкнутые в положении «Назад») → обмотка возбуждения С2 — С1 → контакты QP1 реверсора ТД5 → контакты QT1 тормозного переключателя ТД4 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS11 для отключения ТД4 → контакты QP1 реверсора ТД4 (замкнуты в положении «Назад») → обмотка возбуждения С1 — С2 ТД4 → контакты QP1 реверсора ТД4 → контакты QT1 тормозного переключателя ТД3 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS13 для отключения ТД3 → контакты QP1 реверсора ТД3 (замкнуты в положении «Вперед») → обмотка возбуждения С2 — С1 ТД3 → контакты QP1 реверсора ТД3 → контакты QT1 тормозного переключателя ТД2 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS12 отключения ТД2 → контакты QP1 реверсора ТД2 (замкнуты в положении «Вперед») → обмотка возбуждения С1 — С2 ТД2 → контакты QP1 реверсора ТД2 → контакты QT1 тормозного переключателя ТД1 (замкнуты в режиме «Торможение») → разъединитель QS11 для отключения ТД1 → контакты QP1 реверсора ТД1 (замкнуты в положении «Вперед») → обмотка возбуждения С2 — С1 ТД1 → контакты QP1 реверсора ТД1 → датчик тока Т20 МСУД → контактор возбуждения К1 → реле перегрузки КА11 (защита цепей возбуждения ТД, ток уставки — 1250 ± 50 А) → вывод 6 обмотки возбуждения тягового трансформатора;

второй полупериод — питание цепи возбуждения поступает от секции тягового трансформатора 6 — х4. Путь тока: вывод х4 → реле КА12 (ток уставки — 1500 ± 50 А), которое обеспечивает защиту выпрямительной установки возбуждения ВУВ и обмотки возбуждения тягового трансформатора от токов короткого замыкания, → двухножевой разъединитель QS7 (отключает неисправную ВУВ) → плечо 2 ВУВ и далее — аналогично пути в первом полупериоде.

Цепи обмоток якоря. При переходе в режим рекуперации якорь каждого ТД с помощью тормозного переключателя QT1 подключается к ВИП через блоки выпрямителей и балластных резисторов. Эти цепи для всех ТД аналогичны: вывод якорной обмотки Д2 → контакты тормозного переключателя QT1 (замкнуты в режиме «Торможение») → блок диодов U9 (или U10 — U14) → блок балластных резисторов R10 → плечо ВИП (в зависимости от зоны регулирования) → вторичная тяговая обмотка силового трансформатора → плечо ВИП → сглаживающий реактор L5 (L6) → контакты ВБ QF11 (QF12, QF13) → RS или датчик тока Т41 → вывод Я1 якорной обмотки двигателя.

Блок резисторов R10 предназначен для обеспечения большей электрической устойчивости рекуперативного торможения, а также для улучшения распределения тока между параллельно включенными якорями ТД.

Блоки диодов U9 — U14 предотвращают появление контурных токов при переходе в режим рекуперации на высоких скоростях. Равнопотенциальные точки якорных цепей трех двигателей одной группы в режиме электрического торможения соединяются между собой через панель защиты от кругового огня А16. Параллельно к балластным резисторам подключена панель А6, защищающая балластные резисторы от перегрузок.

ПИТАНИЕ СИЛОВОЙ ЦЕПИ ОТ ДЕПОВСКОГО ИСТОЧНИКА

Для ввода электровоза в депо от внешнего источника питания необходимо включить разъединитель QS21 на одном из блоков силовых аппаратов. В этом случае рекомендуется с помощью соответствующих разъединителей (QS11, QS12 или QS13) отключить два из трех ТД. Оставлять включенным следует тот двигатель, в цепи которого установлен амперметр, т.е ТД1 или ТД6. Необходимо также включить быстродействующий выключатель соответствующего ТД и установить направление движения «Вперед» или «Назад».

После подключения кабеля от деповского источника питания к розетке Х4 или Х20 и включения этого источника создается цепь тока тягового двигателя, которую рассмотрим на примере цепи через ТД1: «плюс» деповского источника питания → розетка Х4 (или Х20) → включенный разъединитель QS21 → силовые контакты быстродействующего выключателя (ББ) QF11 → шунт амперметра RS1(или датчик тока амперметра Т41) → якорные обмотки Я1 — Д2 → силовые контакты тормозного переключателя QT1 в режиме «Тяга» → силовые контакты реверсора QP1 в положении «Вперед» → обмотка возбуждения двигателя С1 — С2 → силовые контакты реверсора QP1 → разъединитель QS11 → силовые контакты тормозного переключателя QT1 → разъединитель QS21 → кузов электровоза → токосъемное устройство букс ХА6 → рельс → «минус» источника деповского питания.

Отключить ТД от источника питания депо в этом режиме можно двумя способами: выключить ВБ двигателя с пульта управления электровозом или отключать деповской источник питания.

ЦЕПЬ ОТОПЛЕНИЯ ПОЕЗДА

Система отопления вагонов поезда получает питание от обмотки а5 — х5 тягового трансформатора напряжением 3147 В. Оно подается к штепсельным разъемам Х5, Х7 или Х6, Х8 (в зависимости от положения переключателя Q1) с помощью контактора К2 по следующей цепи: обмотка отопления а5 — х5 → контактор отопления К2 → ножевой переключатель Q1 → штепсельный разъем Х5 или Х7 на лобовой части электровоза → цепи отопления вагонов поезда → рельс → колесная пара → токосъемное устройство букс ХА3 — ХА5 → реле перегрузки КА8 → обмотка отопления а5 — х5.

Для снижения уровня атмосферных и коммутационных перенапряжений предусмотрен разрядник F7, а для защиты от токов перегрузки и короткого замыкания — реле КА8, при срабатывании которого отключается главный выключатель электровоза.

Трансформатор Т4 выполняет функцию датчика тока для учета электроэнергии, идущей на отопление вагонов поезда. Для защиты счетчика от перегрузки установлено тепловое токовое реле КК23. При его срабатывании автоматически отключается контактор отопления поезда К2.

ТЕПЛОВОЗ 2ТЭ25КМ: ЦЕПИ ПУСКА ДИЗЕЛЯ И ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

С.В. ТИМОФЕЕВ,
преподаватель Саратовского подразделения
Приволжского учебного центра профессиональных квалификаций

Пуск дизеля производится с помощью стартер-генератора G3, работающего в режиме двигателя последовательного возбуждения с питанием от аккумуляторной батареи GB1 (рис. 1).

Для пуска дизеля необходимо:

- включить рубильник аккумуляторной батареи РБ, который подает питание на устройства, необходимые для управления пуском дизеля;
- вставить рукоятку устройства блокировки тормозов;
- включить автомат «Питание МПСУ» на пульте машиниста, через который подается напряжение аккумуляторной батареи на вольтодобавочное устройство (ВДУ1), питающее устройство обработки информации (УОИ) и автоматический выключатель SF8 «Дизель», подающий питание на электронный регулятор дизеля (ЭРГД);
- включить автомат «Управление общее» на пульте управления; автомат подает питание на цепи управления тепловоза (блокировку тормозов, кнопки управления пуском и остановом дизеля, кнопку аварийного останова, тумблеры управления холодильником дизеля и на катушки управления контакторов, реле, электропневматических вентилей).

После подачи питания на УОИ происходит инициализация МПСУ-ТП и параллельно запитываются все датчики, входящие в ее состав. По окончании инициализации МПСУ-ТП при необходимости будет выдавать диагностические сообщения, которые следует отработать и сквитировать нажатием клавиши «0» дисплейного модуля. Далее нужно дождаться появления надписи «Система в норме» в нижней части экрана дисплейного модуля.

После выполнения вышеперечисленных операций следует нажать кнопку «Пуск дизеля 1» на пульте управления. УОИ определяет нажатие кнопки и необходимые условия для запуска дизеля:

- блокировка валоповоротного механизма 105 замкнута — напряжение поступает на разъем УОИ X5:15 по проводу 5515 (рис. 2);
- уровень воды в расширительном баке находится в пределах нормы (датчик ДРУ не сработал и отсутствует напряжение на разъеме УОИ X5:17 по проводу 5517);
- кнопки на пульте управления машиниста «Аварийный останов» и «Стоп дизеля» находятся в отжатом состоянии (поступает напряжение на разъем УОИ X7:5 и X7:7);
- отключен контактор регулятора напряжения КРН (отсутствует напряжение на разъеме УОИ X6:21 по проводу 5621; рис. 3);
- включен автомат пожарной сигнализации SF2 (поступает напряжение на разъеме УОИ X8:23 по проводу 5823) и нет срабатывания датчиков пожарной сигнализации.

При невыполнении указанных условий на дисплее машиниста появится соответствующее тревожное сообщение. Если все необходимые условия соблюдены, то УОИ включает контактор масляного насоса КМН (УОИ выдает напряжение на разъеме X9:19; рис. 4). На основной панели дисплея машиниста в окне режимов выводится надпись «Прокачка». При достижении давления масла 0,25 кгс/см^2 УОИ включает контактор топливного насоса КТН (выдает напряжение на разъеме X9:20) и начинается отсчет времени 60 с. По истечении 60 с УОИ включает контактор Д1 (выдает напряжение на разъеме X9:7), который осуществляет параллельное соединение батарей обеих секций тепловоза через межсекционную розетку РПБ. Затем УОИ включает контактор Д2 (выдает напряжение на разъеме X9:8) и дает команду электронному регулятору частоты вращения коленчатого вала дизеля (ЭРГД) на запуск дизеля.

Контактор Д2 силовыми контактами включает стартер-генератор в режим двигателя с последовательным возбуждением. На основной панели дисплея машиниста в окне режимов выводится надпись «Раскрутка». Запуск дизеля длится до момента, когда обороты коленчатого вала дизеля достигнут значения 260 об/мин.

Если воспламенения в цилиндрах дизеля в процессе пуска не произошло, то продолжение вращения вала дизеля ограничивается выдержкой времени 12 с. По истечении с момента включения пусковых контакторов 12 с УОИ размыкает цепи питания катушек КТН, КМН, Д1, Д2 и прекращает запуск.

На основной панели дисплея машиниста в окне режимов выводится надпись «Холостой ход».

Пуск дизеля второй секции осуществляется после нажатия кнопки «Пуск дизеля 2». При этом УОИ первой (ведущей) секции, определив нажатие кнопки, по последовательному каналу дает команду УОИ второй секции на запуск дизеля. Последовательность действий по запуску дизеля ведомой секции аналогична последовательности действий при запуске дизеля ведущей секции. Для осуществления контроля параметров ведомой секции необходимо на дисплее машиниста нажать клавишу «С», при этом появляется экран выбора секций, после чего при помощи цифровых клавиш выбирается необходимая секция тепловоза.

Для защиты электродвигателя масляного насоса в схеме установлен предохранитель ПР4 с плавкой вставкой 125 А, для защиты электродвигателя топливного насоса предусмотрен предохранитель ПР5 с плавкой вставкой 25 А.

При включении контакторов Д1, Д2, КМН и КТН системой МПСУ выполняется контроль их включения. Если этого не произошло (в течении 0,5 с не появилось напряжение на разъеме X6:15 для Д1, X6:16 для Д2, X6:22 для КМН, X6:23 для КТН (см. рис. 3), то УОИ останавливает процесс запуска дизеля тепловоза и на дисплее машиниста выводит тревожное сообщение о невключении контактора.

Остановка дизеля из кабины машиниста ведущей секции производится путем нажатия кнопки СД1 «Стоп дизеля 1». Для остановки дизеля ведомой секции служит кнопка СД2 «Стоп дизеля 2». УОИ определяет нажатие кнопки СД1 (СД2) и выполняет следующие действия:

- подает команду ЭРГД на останов дизеля;
- отключает реле, электропневматические вентили, контакторы;
- переводит тормозной переключатель в положение «Тяга»;
- включает электропневматический вентиль отключения ряда топливных насосов ВТН (выдает напряжение на разъеме X9:27);
- на 60 с включает КМН (выдает напряжение на разъеме X9:19);
- выводит на ДМ в окно режимов надпись «Останов».

Для экстренной остановки дизеля в аварийных условиях на пульте управления предусмотрена кнопка АК «Аварийный останов». УОИ определяет нажатие кнопки АК (поступает напряжение на разъем УОИ X7:7) и выполняет следующие действия на обеих секциях:

- подает питание на катушку электропневматического аварийного вентиля ВА (УОИ выдает напряжение на разъеме X9:28) предельного выключателя дизеля и воздушной захлопки дизеля;
- подает команду ЭРГД на останов дизеля;
- подает питание на катушку электропневматического вентиля тифона ВТ (УОИ выдает напряжение на разъеме X9:30);
- подает питание на катушки электропневматических вентилей песочниц при скорости движения более 10 км/ч.

После успешного окончания процедуры запуска дизеля УОИ включает контактор регулятора напряжения КРН (выдает напряжение на разъеме X9:18 по проводу 5918), который своим силовым контактом подключает обмотку независимого возбуждения стартер-генератора к регулятору напряжения бортовой сети РН. Также через контакты КРН (по проводу 1055) подается питание на регулятор РН, и он включается в работу.

Регулятор РН начинает выполнять возбуждение обмотки стартер-генератора, при этом выполняя контроль за выдаваемым им напряжением (сигнал подается на контакт 2 разъема регулятора по проводу 1015 относительно цепей общего «минуса», подаваемого

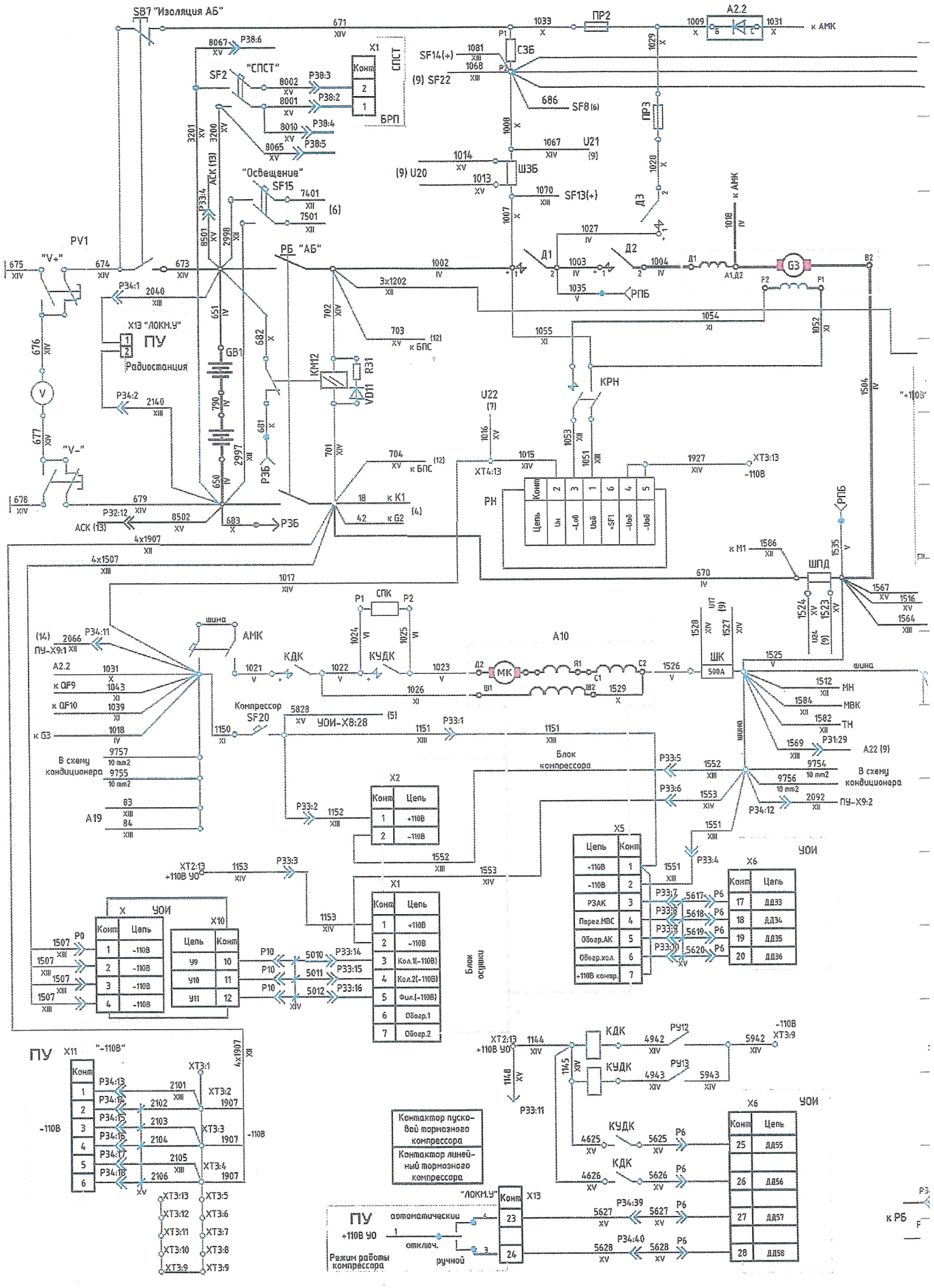
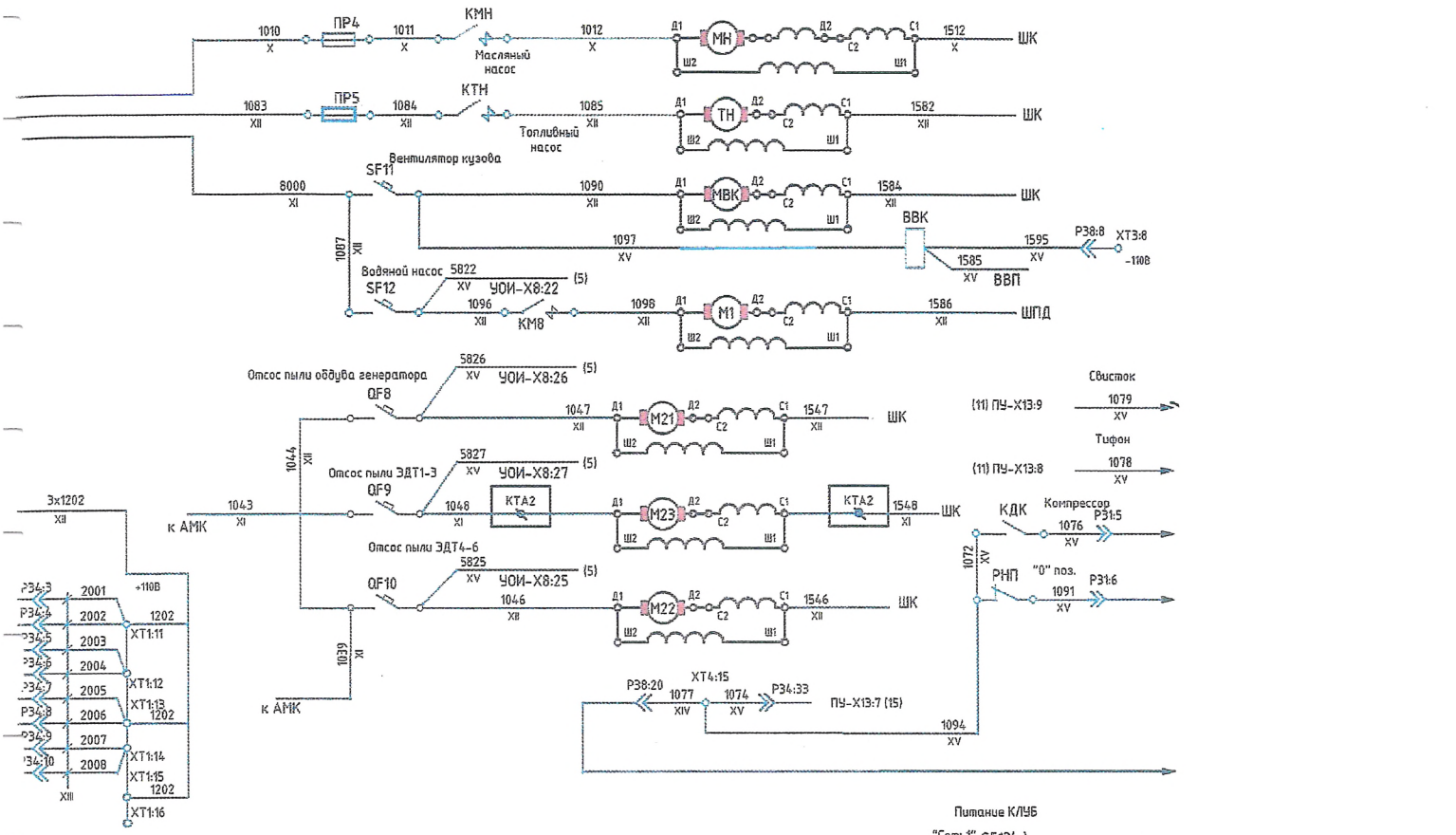
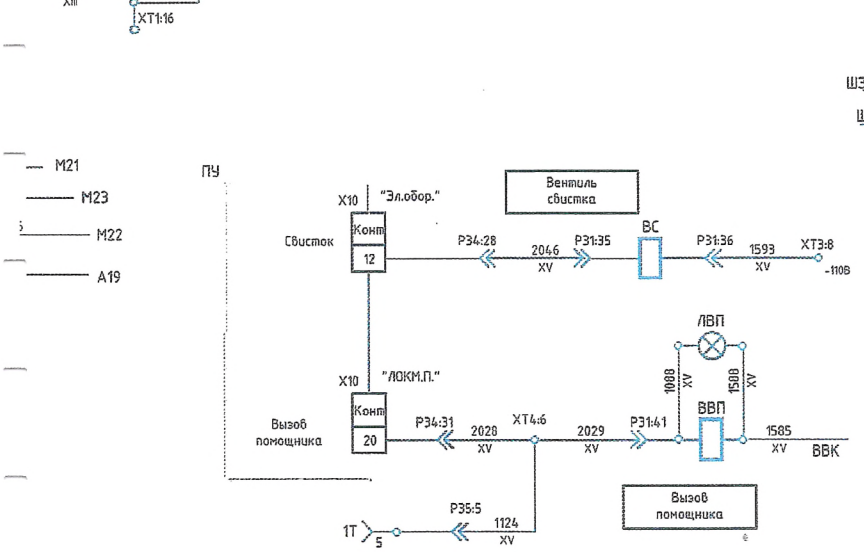
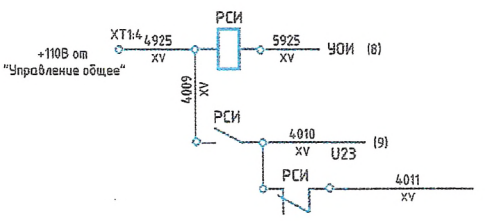
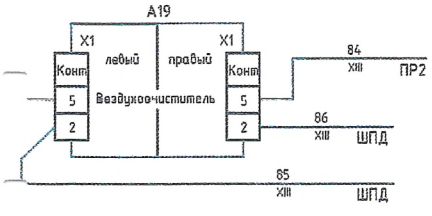


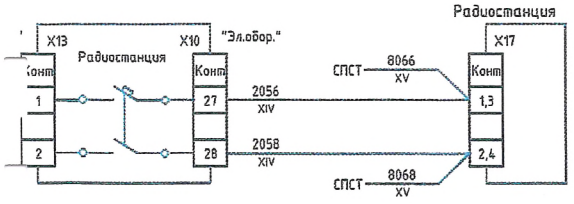
Рис. 1. Схема цепей вспомогательного оборудования тепловоза 2ТЭ25КМ

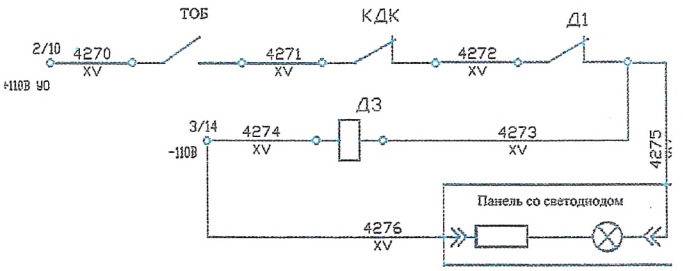












Условные обозначения цепей:

– цепи вспомогательных электродвигателей;

– цепи управления

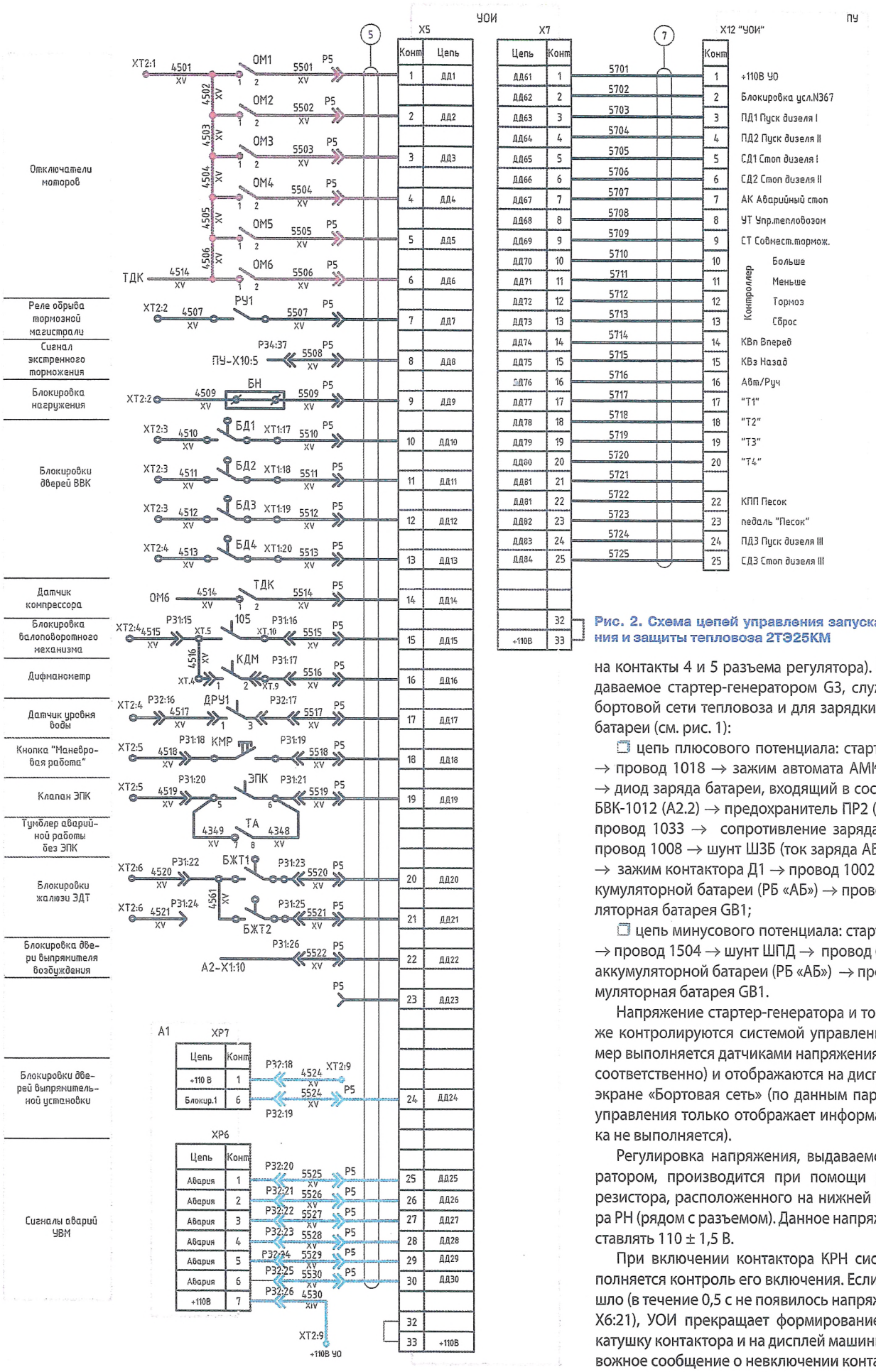


Рис. 2. Схема цепей управления запуска дизеля, движения и защиты тепловоза 2ТЭ25КМ

на контакты 4 и 5 разъема регулятора). Напряжение, вырабатываемое стартер-генератором G3, служит для питания бортовой сети тепловоза и для зарядки аккумуляторной батареи (см. рис. 1):

- цепь плюсового потенциала: стартер-генератор G3 → провод 1018 → зажим автомата АМК → провод 1031 → диод заряда батареи, входящий в состав выпрямителя БВК-1012 (А2.2) → предохранитель ПР2 (вставка 160 А) → провод 1033 → сопротивление заряда батареи СЗБ → провод 1008 → шунт ШЗБ (ток заряда АБ) → провод 1007 → зажим контактора Д1 → провод 1002 → рубильник аккумуляторной батареи (РБ «АБ») → провод 651 → аккумуляторная батарея GB1;
- цепь минусового потенциала: стартер-генератор G3 → провод 1504 → шунт ШПД → провод 670 → рубильник аккумуляторной батареи (РБ «АБ») → провод 650 → аккумуляторная батарея GB1.

Напряжение стартер-генератора и ток зарядки АБ также контролируются системой управления тепловоза (замер выполняется датчиками напряжения и тока U22 и U20 соответственно) и отображаются на дисплее машиниста в экране «Бортовая сеть» (по данным параметрам система управления только отображает информацию, регулировка не выполняется).

Регулировка напряжения, выдаваемого стартер-генератором, производится при помощи регулировочного резистора, расположенного на нижней панели регулятора РН (рядом с разъемом). Данное напряжение должно составлять 110 ± 1,5 В.

При включении контактора КРН системой МПСУ выполняется контроль его включения. Если этого не произошло (в течение 0,5 с не появилось напряжение на разъеме Х6:21), УОИ прекращает формирование напряжения на катушку контактора и на дисплей машиниста выводит тревожное сообщение о невключении контактора.

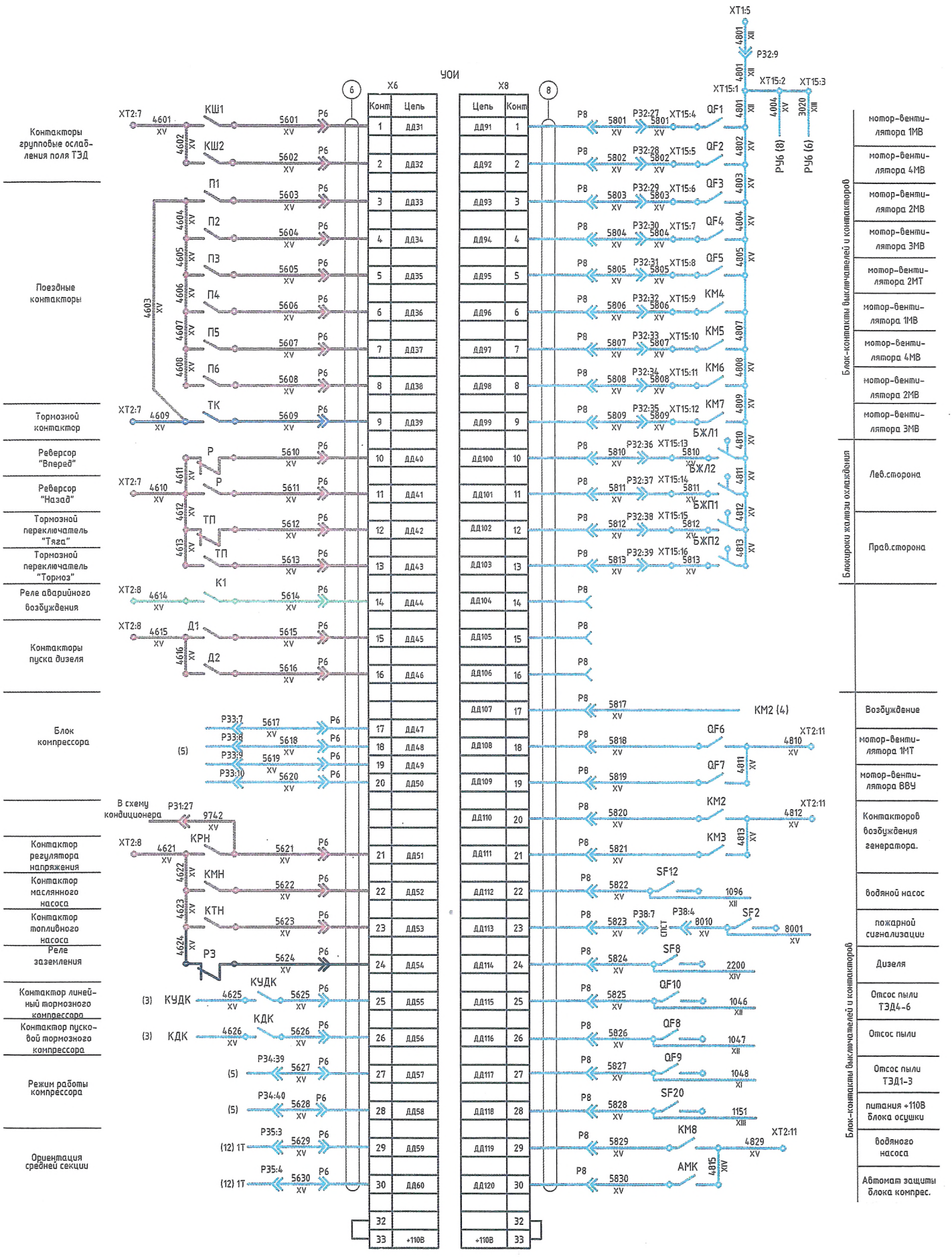


Рис. 3. Схема цепей управления запуска дизеля, движения и защиты тепловоза 2ТЭ25КМ

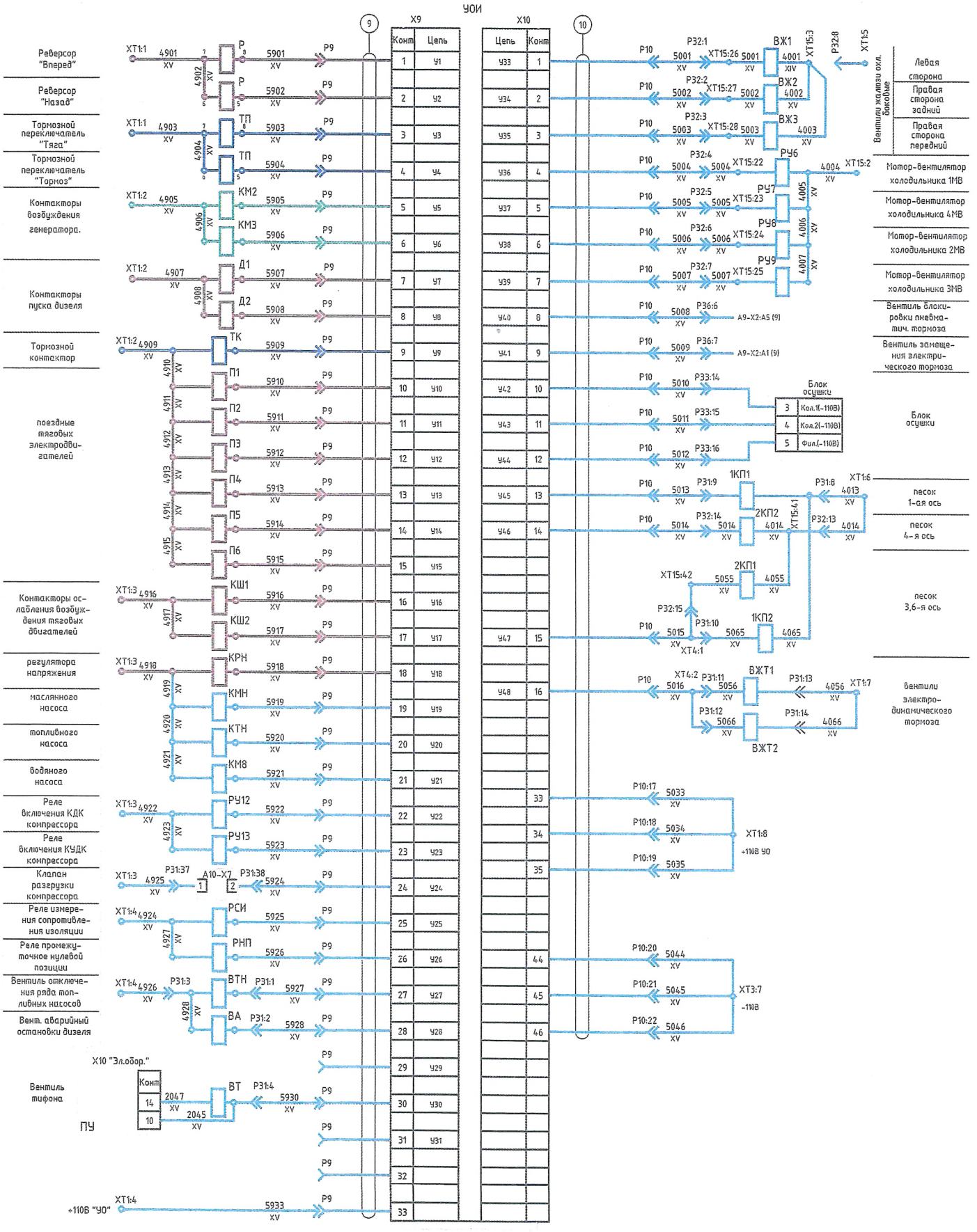


Рис. 4. Схема цепей управления запуска дизеля, движения и защиты тепловоза 2ТЭ25КМ

СХЕМЫ ПИТАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ЭЛЕКТРОВОЗАХ «ЕРМАК» НУЖНО ДОРАБОТАТЬ

В ходе эксплуатации электровозов 2(3)ЭС5К «Ермак» на разных дорогах выявился повышенный выход из строя вспомогательных машин, что подтверждается рядом публикаций в технической литературе [1], [2]. Предлагаем вниманию читателей статью инженера сервисного локомотивного депо Иркутское В.В. БОНДАРИКА, проанализировавшего большой объем статистических данных о подобных отказах и подготовившего рекомендации, позволяющие снизить повреждаемость вспомогательных машин на данных электровозах. Надеемся, что советы нашего многолетнего автора будут полезны всем специалистам, занятым проектированием и ремонтом локомотивов.

Структура отказов вспомогательных машин электровозов 2(3)ЭС5К «Ермак» в 2016 г. и I квартале этого года свидетельствует, что около 45 % поврежденных электрических двигателей составили мотор-вентиляторы МВ3 для обдува блока балластных резисторов и пусковые двигатели НВА-55. Наиболее вероятная причина их повышенного выхода из строя связана с недоработками электрической схемы локомотивов.

ЦЕПИ СИГНАЛИЗАЦИИ МОТОР-ВЕНТИЛЯТОРОВ МВ3 НУЖНО ДОРАБОТАТЬ

Чтобы предупредить отказы двигателей МВ3 электровозов «Ермак», предлагается контролировать включение контактора КМ13: зачастую двигатели МВ3 выходят из строя из-за приваривания контактов аппарата КМ13. Как следствие — после проследования нейтральных вставок мотор-вентиляторы МВ3 оказываются под напряжением сразу же после подачи питания в электрические цепи локомотива от контактного провода (в схеме не предусмотрено подключение конденсаторов), а также без пускового двигателя.

Такой запуск без третьей фазы в режиме короткого замыкания приводит к выплавлению обмоток и выходу из строя двигателя. Кроме того, запуск двигателя МВ3 в режиме короткого замыкания сопровождается резким снижением рабочего напряжения на вспомогательных машинах. Поэтому запуск пускового двигателя будет происходить при пониженном напряжении, что также приведет к повышенным пусковым токам, перегреву обмоток и выходу из строя самого пускового двигателя.

Чтобы контролировать контакты контактора КМ13, надо обеспечить постоянную индикацию состояния аппарата. Для этого на свободные (ранее не задействованные) замыкающие (разомкнутые) блокировки контактора КМ13 вместо провода Н43 следует подсоединить провод Н410 (от сигнализации), например, от соседнего контактора КМ12 (рис. 1). Длина устанавливаемой перемычки — 1 м. Провод Н43 нужно отнять и заизолировать. В случае приваривания контактов контактора КМ13 хотя бы в одной секции сигнальная лампа «В3» будет гореть после разбора схемы тяги. Переключив сигнализацию, можно узнать, в какой секции это произошло.

Такая нештатная работа сигнализации непривычна локомотивным бригадам, но подобный контроль намного лучше, чем «блуждание в потемках». Дело в том, что питание на блокировку контактора КМ13 приходит от провода Н43 только при сборе схемы рекуперации в течение 1 — 2 с. Поэтому штатная схема электровоза предусматривает горение лампы «В3» только в течение этого времени. Далее контроль включения или выключения контактора КМ13 не обеспечивается. Таким образом, нельзя узнать, приварились или нет его контакты. При следующем сборе схемы рекуперации лампа опять мигнет штатно, если хотя бы один из трех контакторов КМ13 не будет поврежден.

В случае горения сигнальной лампы «В3» после разбора схемы рекуперации локомотивная бригада должна определить секцию, где это произошло, и предпринять меры к механическому разъединению контактов или отключить секцию, чтобы не вывести из строя вспомогательные машины данной секции и предупредить ее возгорание. Это необходимо выполнить либо до проследования нейтральной вставки, либо до включения главного выключателя после его отключения по какой-либо причине.

Предложенный вариант изменения заводской схемы сигнализации был внедрен на нескольких электровозах 3ЭС5К в сервисном локомотивном депо Иркутское. На обложках бортовых журналов формы ТУ-152 всех локомотивов наклеили стикеры с информацией о проведенной доработке и рекомендациями для локомотивной бригады. Приведем текст наклейки:

«Для контроля за приариванием контактов контакторов КМ13, что вызывает выход из строя мотор-вентиляторов МВ3, произведена доработка схемы сигнализации. При сборе схемы рекуперации (включении контакторов КМ13) лампа «В3» загорается и горит постоянно до разбора схемы торможения. В случае горения сигнальной лампы «В3» после разбора схемы рекуперации необходимо определить секцию, где остался включенным контактор КМ13, и либо принять меры к механическому разъединению контактов этого аппарата, либо отключить секцию, чтобы не вывести из строя вспомогательные машины этой секции. Данные действия необходимо выполнить до проследования нейтральной вставки или до включения главного выключателя после его отключения по какой-либо причине. Выявленные замечания о работе схемы направлять начальнику технического отдела ТЧЭ-5».

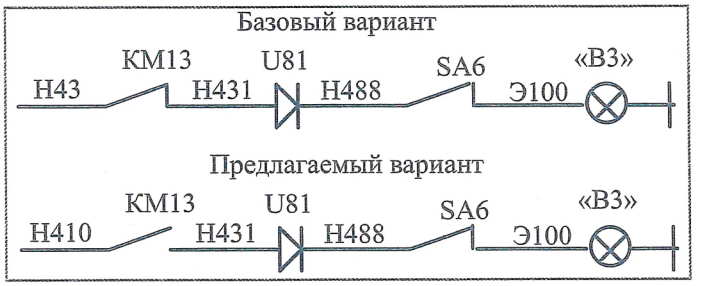


Рис. 1. Схема сигнализации включения мотор-вентилятора МВ3

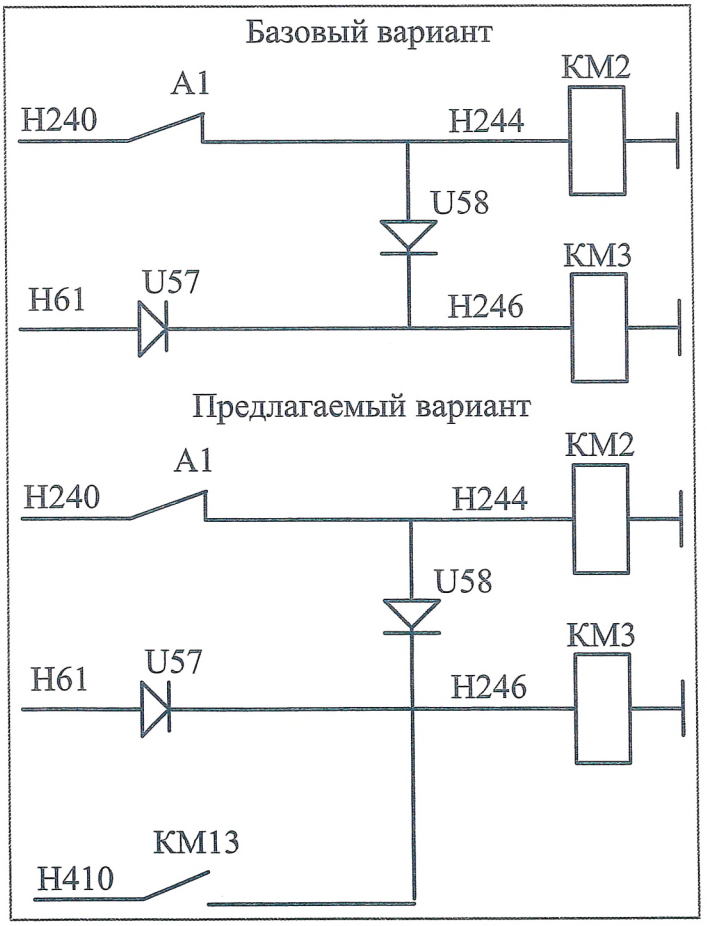


Рис. 2. Заводская и доработанная схемы цепи включения контактора КМ3

Не менее важно уменьшить вредное тепловое воздействие на двигатель МВ3 в случаях приваривания контактов контактора КМ13 и подачи напряжения в цепь вспомогательных машин. Предлагаю при включенном состоянии контактора КМ13 обеспечивать обязательное включение контактора КМ3, подсоединяющего к цепи статора двигателя МВ3 симметрирующие конденсаторы С107.

По штатной схеме управления включение контактора КМ3 и ввод симметрирующих конденсаторов в силовую цепь вентиляторов МВ3 происходит через провод Н61 контроллера машиниста после постановки его в режим рекуперативного торможения (рис. 2). При выходе контроллера из этого режима контактор КМ3 теряет питание.

Далее возможно следующее. При следовании в режиме тяги, выбега или при нахождении на месте с поднятым токоприемником контактор КМ13 с приварившимися контактами (при отключенных остальных вспомогательных машинах) приводит к работе двигателя МВ3 в режиме короткого замыкания, так как в отсутствии конденсаторов он просто не может раскрутиться, получив с их помощью третью фазу. В случае режима короткого замыкания обмотки двигателя быстро выходят из строя из-за выплавления.

Предлагается в схеме управления (см. рис. 2) подать на катушку контактора КМ3 дополнительное питание от системы сигнализации (например, от провода Н410 блокировок контактора КМ12) через свободные (ранее не задействованные) замыкающие блокировки контактора КМ13. В этом случае при включенном контакторе КМ13 всегда будет включен и контактор КМ3.

Опыт эксплуатации на Восточно-Сибирской дороге электровозов ВЛ80Р и ВЛ85 с установленными на них тумблерами принудительного включения вентиляторов МВ5 обдува блоков балластных резисторов показал, что в тех случаях, когда бригады забывали отключать тумблер «МВ5», на нейтральные вставки электровоз заезжал с включенным контактором этого мотор-вентилятора.

При выезде со вставок (даже без включенного фазорасщепителя) вследствие постоянно находящегося в цепи двигателя симметрирующего конденсатора вентилятор в течение какого-то времени раскручивался до номинальной частоты вращения. При этом иногда приваривались контакты контактора включения вентилятора из-за повышенных пусковых токов, иногда от нагрева дымились обмотки двигателя. Однако двигатель практически никогда не терял свою работоспособность и после остывания оставался в эксплуатации.

Для доработки схемы электровоза требуется установить перемычку длиной 1 м от провода Н410, закрепленного на контакторе КМ12, на вход замыкающей блокировки контактора КМ13. Затем от выхода этой блокировки следует поставить перемычку длиной 1,5 м либо на вывод катушки контактора КМ3, либо на соединительную шину диодных мостов U57 и U58, к которой подсоединяется провод Н246. Отмечу, что оба предложения модернизации цепи управления мотор-вентиляторами МВ3 следует реализовать одновременно с использованием одной и той же замыкающей блокировки контактора КМ3.

ИЗМЕНЕНИЯ В СИЛОВОЙ ЦЕПИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН

В штатной силовой схеме вспомогательных машин электровозов «Ермак» в цепи двигателей МВ3 находится один симметрирующий конденсатор КПС-0,5-3802, в то время как к двигателям мотор-вентиляторов МВ1 и МВ2 подключены по полтора конденсатора, а к двигателю мотор-компрессора — две силовые емкости. Надо отметить, что к такому же двигателю НВА-55 мотор-вентиляторов охлаждения блоков балластных резисторов на электровозах ЭП1 и ЭП1П подсоединены полтора конденсатора. Поэтому на локомотивах серии ЭП1 нет проблем с надежностью указанных электрических машин.

Все двигатели вспомогательных машин — однотипные (НВА-55), их мощность одинакова. Поэтому и емкость симметрирующих конденсаторов должна быть равной на всех двигателях. Несмотря на то, что пусковой двигатель работает практически постоянно на холостом ходу, он потребляет суммарную мощность порядка 55 кВ·А. Через фазы протекают токи до 80 А (что подтверждено экспериментами специалистов ООО «НПП ЛМ Инвертор», проведенными в 2014 г.). При пуске других вспомогательных машин потребляемая активная мощность увеличивается на (10… 18) кВт.

Если трехфазный двигатель необходимо подключить к однофазной сети, то емкость симметрирующего конденсатора рассчитывают по следующей формуле:

$$C_{раб.} = k \cdot I_ф / U_{сети},$$

где k — коэффициент, зависящий от соединения обмоток, для схемы соединения «звезда» k = 2800;

$I_ф$ — номинальный фазный ток двигателя, А.

$U_{сети}$ — напряжение однофазной сети, В.

Номинальный ток двигателя НВА-55 — 100 А, напряжение обмотки питания вспомогательных машин — 400 В. Подставив в формулу данные параметры, получим емкость симметрирующего конденсатора — около 700 мкФ. Номинальная емкость конденсатора типа КПС-0,5-3802 — 484 мкФ. Значит, требуется подключать полтора конденсатора. В работе [3] показано, что емкость симметрирующих конденсаторов двигателей НВА-55 должна быть 726 мкФ. Это также соответствует емкости полутора конденсаторов КПС-0,5-3802.

На рис. 3 представлен один из вариантов реализации силовой схемы, когда к пусковому двигателю и вентилятору МВ3 подсоединены по полтора конденсатора, на рис. 4 — монтажная схема выводов конденсаторов. Напомню, что во время запуска вспомогательных машин суммарная емкость пусковых конденсаторов не изменяется.

В конце минувшего года несколько трехсекционных электровозов оснастили новой схемой. Для сравнения подготовили группу локомотивов со штатной схемой. Спустя пять месяцев подвели итоги: в бустерных секциях электровозов с заводской схемой зафиксировали случаи выхода из строя тепловых реле вентиляторов МВ2, МВ3, а также двигателя МВ3. На опытных локомотивах за тот же период неисправностей вспомогательных машин не было. (Справедливости ради отметим, что в бустерной секции электровоза ЗЭС5К № 046 дважды выходили из строя двигатели мотор-вентиляторов МВ3. Однако, по мнению специалистов, эти случаи были обусловлены не изменением емкости конденсаторов, а иной причиной, которая, к сожалению, не была выявлена ранее.)

Таким образом, вариант модернизации силовой схемы вспомогательных машин был проверен экспериментально, и явных противопоказаний для их внедрения не выявили. Однако решение о начале его внедрения не принимают. Тем не менее, при ремонте электровозов приходится вынужденно частично внедрять данное предложение.

Так, при выявлении недопустимо малой емкости симметрирующих конденсаторов на пусковом двигателе или двигателе МВ3 к поврежденному прибору подсоединяют половину пускового конденсатора С108 (при отсутствии исправных конденсаторов).

УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ РЕЛЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРН-318

Данная панель предназначена для отключения пусковых конденсаторов после того, как напряжение между фазами С2 и С3 достигнет (300… 350) В. В этой ситуации срабатывает реле контроля напряжения панели. Напряжение срабатывания является контрольным параметром и обеспечивается при проверке и регулировке панели на испытательной станции.

Регулируемый диапазон напряжения довольно значителен. При номинальном напряжении в контактной сети 25 кВ напряжение холостого хода на обмотке собственных нужд составляет 405 В. Упомянутые ранее измерения параметров вспомогательных машин на электровозах «Ермак», проведенные в 2014 г. специалистами ООО «НПП ЛМ Инвертор» на участке Большой Луг — Слюдянка, показали, что рабочие напряжения в фазах достигали (430… 440) В.

С другой стороны, проанализировав в ноябре 2016 г. расшифровку файлов микропроцессорной системы управления и диагностики электровозов, на которых в тот же период выходили из строя электрические машины, установили, что сетевое напряжение зачастую было гораздо больше номинального. Иногда оно достигало (30… 32) кВ при том, что максимальное сетевое напряжение в эксплуатации электровозов не должно превышать 29 кВ.

Проверки панелей ПРН-318 электровозов «Ермак» показали, что напряжение их уставки, в основном, составляет (310… 320) В. Таким образом, при рабочих напряжениях более 400 В пусковой двигатель будет «разгоняться» до установившейся частоты вращения после отключения пусковых конденсаторов, достигая равновесного напряжения, возросшего более чем на 100 В.

Присутствие пусковых конденсаторов увеличивает вращающий момент, ускоряет разгон электрической машины и уменьшает время разгона, в течение которого наблюдаются повышенные токи в обмотках. Поэтому уставку срабатывания панели надо регулировать по максимальному значению. В связи с этим при текущих ремонтах все панели ПРН-318 были переданы в аппаратный цех, где их отрегулировали на напряжение срабатывания 350 В.

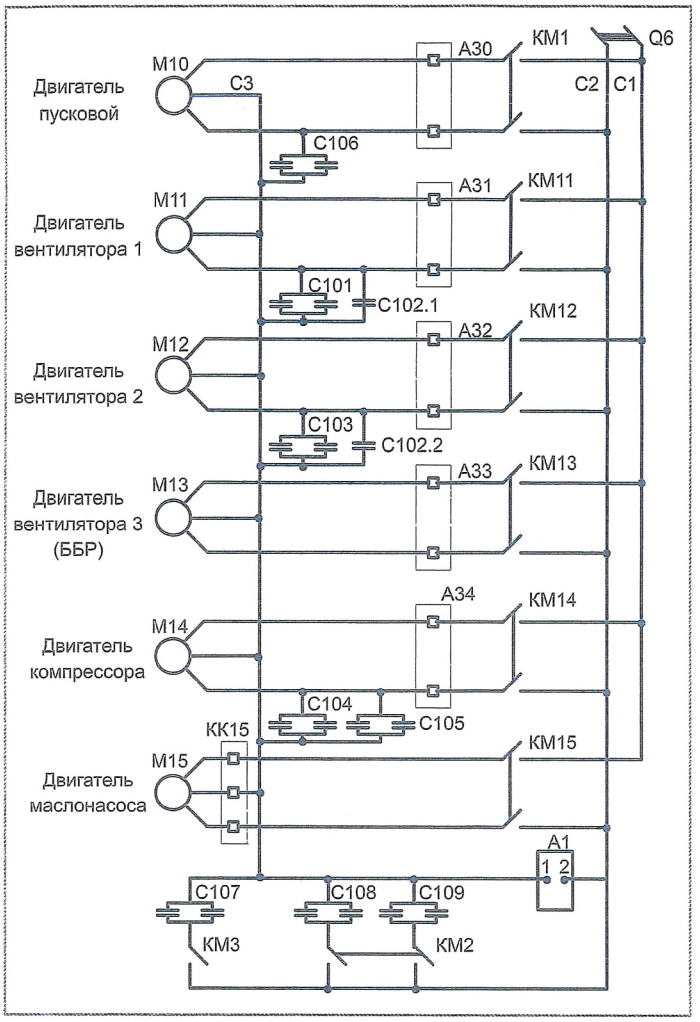


Рис. 3. Измененная силовая схема вспомогательных машин

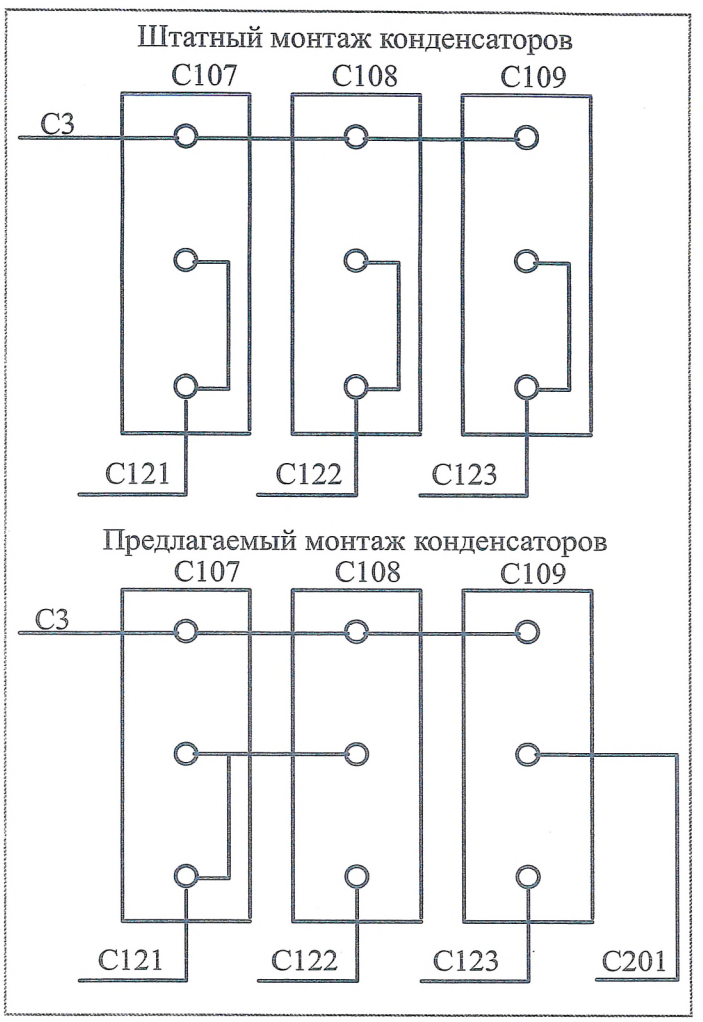


Рис. 4. Измененная схема силового монтажа конденсаторов

Возможно, при сложившемся уровне рабочих напряжений можно было бы еще повысить уставку, но этот рост ограничен предельными значениями диапазона, указанными в нормативной документации.

Кроме напряжения срабатывания, важную роль играет напряжение возврата. Отношение величины отпускания (возврата) к величине срабатывания электрического реле называют коэффициентом возврата. После начала работы пускового двигателя практически одновременно включаются вентиляторы и компрессор. Возможна ситуация, когда при этом резко снижается напряжение, что приводит к увеличению пусковых токов, времени запуска двигателей и как следствие — перегреву изоляции обмоток. Для этих случаев было бы полезным подключение пусковых конденсаторов.

В Руководстве по эксплуатации электровозов 2(3)ЭС5К [4] отмечено, что коэффициент возврата у панели ПРН-318 — не менее 0,25. Это указывает на возможность подключения пусковых конденсаторов при напряжении не менее 90 В. В действительности столь низкое напряжение невозможно. Иными словами, после срабатывания панели (запуска пускового двигателя) панель до его отключения уже не сработает.

Наблюдения показали, что при запуске пускового двигателя панель может сработать через 1 с. Значит, и пусковые конденсаторы, исключая эту секунду, практически не работают (кроме конденсатора, подключенного к двигателю мотор-вентилятора МВ3 на время рекуперативного торможения). Следует отметить, что при включении МВ1 и отключенном пусковом двигателе панель срабатывает за 5 — 6 с.

Анализ имеющейся многочисленной информации о работе асинхронных двигателей от однофазной сети в общем машиностроении показал, что применяемые реле напряжения, в основном, имеют коэффициент возврата 0,7 — 0,8. В разделе «Цепи вспомогательных машин» руководства по эксплуатации электровозов 2(3)ЭС5К [5] указано, что коэффициент возврата реле KV01 панели А1 принят равным 0,8, что соответствует упомянутой норме. Однако непонятно, почему в качестве панели А1 выбрали панель типа ПРН-318, коэффициент возврата которой не может достичь значения 0,8.

При однократной проверке панелей ПРН-318, когда уставку напряжения регулировали по максимально допускаемому значению, одновременно (для сбора статистики) определили напряжение возврата. Оно оказалось равным (120… 130) В. Коэффициент возврата для реле зависит от соотношения тяговой характеристики электромагнита, характеристик возвратных и нажимных пружин, гистерезиса магнитопровода, зазора между якорем и сердечником. Попытки повысить напряжение возврата регулировками реле без замены пружин и катушек в отдельных случаях привели к его увеличению не более, чем до 170 В. Это соответствовало коэффициенту возврата порядка 0,5. Дальнейшее повышение было ограничено из-за уменьшения величины провала контактов реле ниже минимально допустимого значения.

Библиография

1. Иванов П.Ю., Дульский Е.Ю., Романовский А.И. Эксплуатационные особенности работы асинхронных вспомогательных машин электровозов переменного тока на ВСЖД//Известия Транссиба. — 2015. — № 4. С. 27 — 32.

2. Петров М.Н., Орленко А.И., Спивак Ю.И. Отказы асинхронных двигателей электровозов на Красноярской железной дороге//Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2012. — № 2. С. 53 — 54.

3. Гирник А.С., Рапопорт О.Л. Исследование пусковых режимов вспомогательных асинхронных двигателей электровозов «Ермак»//Электричество. — 2011. № 6. — С. 41 — 46.

4. Электровоз магистральный 2(3)ЭС5К. Руководство по эксплуатации. Книга 4. ИДМБ.661142.009РЭ5. Описание и работа. Электрические аппараты.

5. Электровоз магистральный 2(3)ЭС5К. Руководство по эксплуатации. Книга 1. ИДМБ.661142.009РЭ1. Описание и работа. Электрические схемы.

СХЕМА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЦЕПЕЙ ОТОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭД4М

В.Е. ГОРЯЧЕВ,
машинист депо Апрелевка
Московской дирекции моторвагонного подвижного состава

Схема отопления вагонов включает в себя:

☒ калориферы Н1, Н2 (А20.5) — включаются контакторами КО1, КО3;

☒ калориферы Н3, Н4 (А20.6) — включаются контакторами КО5, КО6;

☒ калориферы Н10, Н11 — включаются контакторами КО2, КО4 (на головном вагоне для кабины управления).

Для защиты цепей отопления установлено дифференциальное реле ДР (шунты первичной катушки — ДР1.1, ДР2.1, ДР3.1, вторичной — ДР1.2, ДР2.2, ДР3.2).

Цепи моторного вагона:

↑ предохранитель F1 защищает схему отопления салона, счетчик электроэнергии Wh1, реле напряжения Э6-РН, Э17-РН1;

↑ предохранитель F3 защищает схему отопления салона, реле напряжения Э18-РН2;

↑ предохранители Пр6, Пр7 защищают высоковольтные междувагонные соединения Ш1, Ш2 и цепи подачи высокого напряжения на прицепной (по системе «М+П+П» — дополнительный) и головной вагоны;

↑ реле напряжения Э6-РН с резистором Э15-$R_{РН}$ контролирует уровень напряжения в контактной сети;

↑ реле напряжения Э17-РН1 с резистором Э11-$R_{РН}$ и Э18-РН2 с резистором Э12-$R_{РН}$ контролируют уровень напряжения в контактной сети (для цепей отопления);

↑ счетчик электроэнергии Wh1 фиксирует общее потребление энергии и энергию рекуперации;

↑ вольтметр V2 с добавочным резистором R26 измеряет напряжение на коллекторах тяговых двигателей (ТД) М1 — М4;

↑ амперметр А1 измеряет общий ток в силовой цепи в тяговом режиме или при рекуперативном торможении;

↑ амперметр А2 фиксирует ток цепи шунтирования обмоток возбуждения ТД М1 — М4 и ток якорей ТД М1 — М4 при реостатном торможении с независимым возбуждением;

↑ амперметр А3 измеряет ток в обмотках возбуждения ТД М1 — М4;

↑ междувагонные соединения Ш1, Ш2 подают высокое напряжение на прицепной (по системе «М+П+П» — дополнительный) и головной вагоны.

Цепи прицепного (головного) вагона:

↑ предохранитель Пр1 защищает схему отопления кабины управления, киловольтметр kV (только на головном вагоне);

↑ предохранитель F1 защищает схему отопления салона, реле напряжения Э17-РН1;

↑ предохранитель F3 защищает схему отопления салона, реле напряжения Э18-РН2;

↑ предохранитель Пр2 защищает схему преобразователя;

↑ реле напряжения Э17-РН1 с резистором Э11-$R_{РН}$ и реле напряжения Э18-РН2 с резистором Э12-$R_{РН}$ контролируют уровень напряжения в контактной сети (для цепей отопления);

↑ вольтметр V1 (А21) с добавочным резистором R29 измеряет напряжение в контактной сети;

↑ двигатель преобразователя с аппаратами пуска и защиты;

↑ дополнительный электромагнитный контактор КДВ подает высокое напряжение на междувагонные соединения Ш25, Ш26 прицепного (по системе «М+П+П» — дополнительного) вагона;

↑ междувагонные соединения Ш25, Ш26 подают высокое напряжение на прицепной (по системе «М + П + П» — дополнительный) и головной вагоны.

УПРАВЛЕНИЕ АППАРАТАМИ ЗАЩИТЫ

Схему защиты на всех моторных вагонах восстанавливают из кабины управления кнопкой SB5 «Возврат защиты» (А21). При ее нажатии подается питание на провод 7: провод 15 → контакт тумблера ВУ (А21) → автомат питания Q54 (А21) → провод 22 → переключатель 22-22Д ПГТ «Головное» → контакт 22Д-7 кнопки SB5 «Возврат защиты» (А21) → провод 7.

Чтобы удержать быстродействующий выключатель ББП-105А во включенном положении, необходимо подать питание кратковременно на катушку (вентиль) БВ-В и постоянно — на удерживающую катушку БВ-У. Функцию постоянного питания катушки БВ-У выполняет быстродействующий контактор КМБ-3 К3, которым управляет блок БУК3-МК.

На моторном вагоне от провода 7 подается питание на катушку реле РК31: провод 7 → контакт 7-7А механического разъединителя цепей управления (РУМ) → катушка РК31 → провод 30.

Реле РК31 включается, и его контакты выполняют следующее:

✓ 20А-20И подает питание на катушку БВ-В;

✓ 700-701 подает сигнал «Включено» на блок БУК3-МК;

✓ 3-30 обесточивает цепь питания катушки реле-повторителя ПДР;

✓ 3-30 прерывает цепь питания катушки реле-повторителя ПРРБ.

Катушка БВ-В получает питание по цепи: провод 20 → автомат Q21 → провод 20А → контакт РК31 20А-20И → катушка БВ-В → провод 30. Под действием сжатого воздуха включается в работу подвижная система быстродействующего выключателя.

Когда быстродействующий выключатель включается (в промежуточном положении), его контакты создают новые цепи:

◠ 30Ф-30 обесточивает цепь питания лампы «СНВ»;

◠ 61А-30 прерывает питание индикатора «БВ» (А21);

◠ 2Г-2Е подготавливает цепь на катушку контактора ЛК;

◠ 30ББ-30 создает цепь питания катушки контактора Ш.

Блок БУК3-МК получает питание (сигнал «Питание 220 В») по двум ветвям:

п е р в а я — провод 66 → автомат Q23 → провод 601 → контакт ПДР 601-01А → провод 601А;

в т о р а я — провод 67 → автомат Q31 → провод 67Ж.

От провода 67Ж поступает питание на светодиод «В3» индикации 1Б.936. Блок БУК3-МК получает сигнал «Включено» по цепи: провод 700 → контакт РК31 700-701 → контакт К3 701-704 → провод 704.

Блок БУК3-МК подает питание (сигнал «Управление К3») на катушки К3.2, К3.3 контактора (параллельно) по цепям:

п е р в а я — провод 706 → катушка К3.2 → провод 708;

в т о р а я — провод 706 → катушка К3.3 → провод 707.

После того как включается быстродействующий контактор К3, его контакты выполняют следующее:

☑ 30Ю-30 запитывает катушку БВ-У;

☑ 701-704 снимает сигнал «Включено» на блок БУК3-МК;

☑ 705-704 подает питание (сигнал «Управление К3») на катушки К3.2, К3.3;

☑ 40М-40Г подготавливает цепь питания катушки контактора ЛК (катушки контактора Т).

Блок БУК3-МК подает питание (сигнал «Управление К3») последовательно на катушки контактора К3 К3.2, К3.3 по цепи: провод 705 → контакт К3 705-704 → резистор R53 → катушка К3.3 → катушка К3.2 → провод 708.

Катушка БВ-У получает питание по цепи: провод 20 → автомат Q21 → провод 20А → катушка БВ-У → контакт К3 30Ю-30 → провод 30. После того как отпускают кнопку SB5 «Возврат защиты» (А21) обесточивается цепь питания провода 7 и, как следствие, катушка реле РК31.

Реле РК31 отключается и своими контактами выполняет следующие переключения:

- 20А-20И обесточивает цепь питания катушки БВ-В;
- 700-701 снимает сигнал «Включено» на блок БУКЗ-МК;
- 30ГВ-30 подготавливает цепь питания катушки реле-повторителя ПДР;
- 30ЮА-30 создает цепь питания катушки реле-повторителя ПРРБ.

Сжатый воздух выпускается из привода аппарата быстродействующего выключателя, и он включается. Теперь БВП-105А и КМБ-3 (К3) восстановлены и готовы к работе.

Срабатывание БВП-105А. В случае срабатывания БВП-105А (ток уставки — 600 ± 50 А) размыкаются его главные контакты в силовой цепи напряжением 3000 В. Другие контакты имеют следующее назначение:

- 30Ф-30 подводит питание на лампу «СНВ»;
- 61А-30 подает напряжение на индикатор «БВ» (А21);
- 2Г-2Е обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК;
- 30БВ-30 прерывает питание катушки контактора Ш.

При электрическом торможении силовую цепь защищает контактор КМБ-3 (К3). Это объясняется тем, что быстродействующий выключатель БВП-105А представляет собой поляризованный аппарат. При протекании через него тока рекуперации обратной полярности токовая защита не сработает.

Срабатывание ДР. В случае неполного короткого замыкания на «землю» в цепи ТД М1 — М4 включается реле ДР. Своим контактом (герконом) 15Г-15ГА оно подает питание на катушку реле-повторителя ПДР, и последнее включается. После этого происходят переключения в цепи с участием контактов ПДР:

- 15Г-15ГА встает на самоподхват;
- 15Г-15ГЕ расшунтирует цепь питания светодиода «ДЗ» индикации 1Б.936;
- 601-601А снимает сигнал «Питание 220 В» на блок БУКЗ-МК;
- 67Ж-702 подает питание на катушку К3.1 («Разм.») и сигнал «Отключение К3» на блок БУКЗ-МК.

После отключения контактора К3 его контакты выполняют следующее:

- 30Ю-30 обесточивает цепь питания катушки БВ-У;
- 701-704 подготавливает сигнал «Включено» на блок БУКЗ-МК;
- 705-704 прерывает питание катушек К3.2, К3.3;
- 40М-40Г размыкает цепь питания катушки контактора ЛК (катушки контактора Т).

После отключения быстродействующего выключателя его контакты подготавливают новые цепи:

- 30Ф-30 подает питание на лампу «СНВ»;
- 61А-30 подает питание на индикатор «БВ» (А21);
- 2Г-2Е обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК;
- 30БВ-30 прерывает питание катушки контактора Ш.

Срабатывание ТРД. В случае изменения тока (разности скоростей) в начале и в конце цепи ТД М1 — М4 в аварийных режимах со вторичной обмотки трансформатора ТрД подается сигнал «ТрД» (провода 647, 648) на блок БУКЗ-МК. Тот, в свою очередь, подает питание (сигнал «Отключение К3») на катушку К3.1 («Разм.»).

После отключения быстродействующего контактора К3 его контакты выполняют следующее:

- 30Ю-30 обесточивает цепь питания катушки БВ-У;
- 701-704 подготавливает сигнал «Включено» на блок БУКЗ-МК;
- 705-704 прерывает цепь питания (сигнал «Управление К3») катушек К3.2, К3.3;
- 40М-40Г размыкает цепь питания катушки контактора ЛК (катушки контактора Т).

Когда отключается быстродействующий выключатель БВ, его замыкающие и размыкающие контакты подготавливают цепи:

- 30Ф-30 подает питание на лампу «СНВ»;
- 61А-30 запитывает индикатор «БВ» (А21);
- 2Г-2Е обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК;
- 30БВ-30 прерывает питание катушки контактора Ш.

ЗАЩИТА ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

В случае перегрузки в цепи ТД М1 — М4 датчик ДТЯ1 подает сигнал «ДТЯ1» (провод 638) на блок БУКЗ-МК. Блок выдает сигнал «П» (светодиод «П») индикации 1Б.936. Кроме того, БУКЗ-МК подает питание (сигнал «Отключение К3») на катушку К3.1 («Разм.»).

Быстродействующий контактор К3 отключается, и происходит следующее:

- контакт 30Ю-30 размыкается и обесточивает цепь питания катушки БВ-У;
- контакт 701-704 подготавливает сигнал «Включено» на блок БУКЗ-МК;
- контакт 705-704 прерывает цепь питания (сигнал «Управление К3») катушек К3.2, К3.3;
- контакт 40М-40Г обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК (катушки контактора Т).

После отключения быстродействующего выключателя его контакты выполняют следующее:

- 30Ф-30 подает питание на лампу «СНВ»;
- 61А-30 замыкает цепь питания индикатора «БВ» (А21);
- 2Г-2Е обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК;
- 30БВ-30 прерывает цепь питания катушки контактора Ш.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ РЕЛЕ БОКСОВАНИЯ РБ1, РЕЛЕ РАЗНОСНОГО БОКСОВАНИЯ РРБ1

В тяговом или тормозном режиме для защиты тяговых двигателей М1 — М4 от боксования или юза служат реле РБ1, РРБ1 (устройства Э1, Э2, Э3). Их выводы 00 — 02 подсоединены к диагонали «моста»:

- якорные обмотки ТД М1-М2, М2-М3, М3-М4;
- высокоомные резисторы R18 — R21, R51, R52.

При нормальной работе ТД М1 — М4 напряжение на якорных обмотках ТД равны, и «мост» находится в равновесии, т. е. напряжение на выводах 00, 02 отсутствует. После начала боксования потенциал точки «моста» между якорными обмотками ТД (вывод 00) изменяется: он станет больше или меньше потенциала точки между резисторами (вывод 02). Это зависит от того, какой ТД боксует.

Срабатывание РБ1. При срабатывании 1-й ступени, когда разность потенциалов выводов 00, 02 достигает 50 ± 10 В, включается реле РБ1 и своим контактом (герконом) 22П — 22ПА подает питание на катушку реле-повторителя ПРБ.

Реле-повторитель ПРБ включается, и происходит следующее:

- контакт 1М-1Ф снимает сигнал «Управление +110 В» на блок БРУ-МК;
- 62-30 запитывает индикатор «РБ» (А21);
- 40В-87И подает сигнал «Юз» на блок БСАУТ-МК.

Срабатывание РРБ1. При срабатывании 2-й ступени, когда напряжение превышает указанное значение (ТД доведен до разносного боксования), включается реле РРБ1. Своим контактом (герконом) 22П-22ПВ оно подает питание на катушку реле-повторителя ПРРБ, последнее включается, а его контакты выполняют следующие переключения:

- 22П-22ПВ встает на самоподхват;
- 22П-22ПВ подает питание на светодиод «РРБ» индикации 1Б.936;
- 2В-2И обесточивает цепь питания катушки контактора ЛК;
- 40П-40М прерывает цепь питания катушки контактора ЛК (катушки контактора Т);
- 30Ф-30 подает питание на лампу «СНВ».

Для восстановления реле-повторителя ПРРБ (снятие питания) необходимо нажать кнопку SB5 «Возврат защиты» (А21). При этом подается питание на провод 7, от которого на моторном вагоне подается питание на катушку реле РК31. Включившись, реле РК31 своим контактом 30ЮА-30 обесточивает цепь питания катушки реле-повторителя ПРРБ.

СХЕМА ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЗА ТЭП70БС

М.В. ТИТОВ,
машинист эксплуатационного депо Тайга Западно-Сибирской дирекции тяги,
С.В. ШЕЛУХИН,
начальник конструкторского бюро ОАО «Коломенский завод»

(Окончание. Начало см. «Локомотив» № 7, 2017 г.)

ТОРМОЖЕНИЕ КРАНОМ МАШИНИСТА

Для торможения в рабочей кабине управления № 1 ручку крана машиниста КН32 переводят в положение V. При этом происходит снижение давления в тормозной магистрали, в результате чего воздухораспределитель ВР срабатывает на торможение, и воздух из запасного резервуара РС3 объемом 55 л через воздухораспределитель ВР поступает в тормозной резервуар РС7 и в блок тормозных приборов БТП.

В БТП сжатый воздух подходит:

- через разобщительный кран КН7 — к сигнализатору давления РДТ1;
- к переключательному клапану К5 и далее через электроблокировочный клапан ВТ1 к переключательным клапанам К4, К3, откуда поступает в управляющие камеры реле давления РД1, РД2.

Также сжатый воздух подходит к клапанам К1, К2 и датчику-реле давления РДТ2. При этом реле давления РД1, РД2 срабатывают на торможение и открывают проход сжатого воздуха из питательного резервуара РС4 через разобщительные краны КН15, КН16, тормозные камеры реле давления РД1, РД2, дроссели ДР2 — ДР5, рукава РУК3 — РУК18 — в тормозные цилиндры ЦТ1 — ЦТ6 и ЦТ7 — ЦТ12, соответственно, первой и второй тележек тепловоза. Происходит торможение тепловоза автотормозами.

Кроме этого, при наполнении тормозных цилиндров сжатый воздух поступает к датчику давления ДД21, через разобщительный кран КН6 — к датчику давления ДД20, кран КН41 — к датчику преобразователя давления ПД3, кран КН48 — к сигнализатору отпуска тормозов РДТ5 и к двухстрелочным манометрам МН1, МН2.

Контроль давления в тормозных цилиндрах осуществляется по манометрам МН1, МН2, а также дополнительно при давлении в тормозных цилиндрах более 0,2 кгс/см^2 на мониторном блоке системы МПСУ пульта машиниста загорается сигнальный светодиод «ТЦ».

Объем тормозного резервуара РС7 12 л подобран из расчета соотношения с объемом запасного резервуара РС3 с целью создания максимального давления в тормозных цилиндрах не более 4,0 кгс/см^2, а также для обеспечения плавности торможения.

Дроссели ДР2 — ДР5 диаметром 7 мм обеспечивают плавный темп подачи сжатого воздуха в тормозные цилиндры.

Датчики давления ДД20 и ДД21 предназначены для сигнализации машинисту о состоянии тормозных цилиндров путем включения сигнального светодиода «ТЦ» (отпуск или торможение).

Сигнализатор давления РДТ5 предназначен для блокирования работы гребнесмазывателя при наполнении тормозных цилиндров тепловоза давлением более 1,1 — 1,3 кгс/см^2.

Для управления электропневматическим тормозом необходимо включить на пульте управления машиниста автоматический выключатель (автомат) «ПИТАНИЕ ЭПТ». Далее для торможения ручку крана машиниста КН32 переводят в положение V или Va. При этом питание получит электровоздухораспределитель ЭВР, и сжатый воздух из запасного резервуара РС3 (как и при воздухораспределителе ВР) наполнит тормозные цилиндры тепловоза.

ОТПУСК АВТОТОРМОЗОВ КРАНОМ МАШИНИСТА

Отпуск автотормозов производится постановкой ручки крана машиниста КН32 (при управлении из кабины управления № 1) в положение I или II. При этом повышается давление в тормозной магистрали. Воздухораспределитель ВР срабатывает на отпуск, в результате чего происходит выпуск воздуха из управляющих камер реле давления РД1, РД2, через переключательные клапаны К3, К4, электроблокировочный клапан ВТ1, переключательный клапан К5, из тормозного резервуара РС7, от сигнализатора давления РДТ1 и через воздухораспределитель ВР в атмосферу. Далее реле давления РД1, РД2 срабатывают на отпуск, и воздух из тормозных цилиндров ЦТ1 — ЦТ6 и ЦТ7 — ЦТ12 первой и второй тележек тепловоза выходит в атмосферу. Происходит отпуск автотормозов тепловоза.

Аналогичным образом сжатый воздух от датчиков давления ДД20, ДД21, датчика преобразователя давления ПД3, сигнализатора отпуска тормозов РДТ5 и двухстрелочных манометров МН1, МН2 выходит в атмосферу через реле давления РД1 и РД2.

Контроль давления в тормозных цилиндрах осуществляется по показаниям манометров МН1, МН2. При понижении давления в тормозных цилиндрах ЦТ1 — ЦТ12 ниже 0,2 кгс/см^2 на мониторном блоке системы МПСУ пульта машиниста погаснет сигнальный светодиод «ТЦ».

Отпуск тормозов при управлении ЭПТ происходит таким же образом, за исключением того, что при постановке ручки крана машиниста КН32 в положение I или II снимается питание с электровоздухораспределителя ЭВР, и сжатый воздух из управляющих камер реле давления РД1, РД2 через ЭВР выходит в атмосферу. Далее процесс происходит аналогично изложенному выше.

ОТПУСК АВТОМАТИЧЕСКИХ ТОРМОЗОВ ТЕПЛОВОЗА ПРИ ПРИВЕДЕННЫХ В ДЕЙСТВИЕ ТОРМОЗАХ СОСТАВА

Для реализации функции отпуска автоматического тормоза тепловоза без отпуска тормозов состава в кабинах управления установлены ручные клапаны отпуска К1, К2, расположенные рядом с креслом машиниста. При действии автоматического тормоза тепловоза необходимо нажать на клапан К1 или К2. При этом сжатый воздух из управляющих камер реле давления РД1, РД2 блока БТП через соответствующий клапан К1, К2 выходит в атмосферу, вызывая тем самым срабатывание реле давления на отпуск и производя отпуск тормозов тепловоза при приведенных в действие тормозах состава. Клапанами К1, К2 можно произвести как полный, так и ступенчатый отпуск тормоза.

В случае действия электропневматических тормозов для отпуска тормозов тепловоза на пульте машиниста устанавливается кнопка «Отпуск тормоза», которая электрическими контактами связана с электровоздухораспределителем ЭВР. При этом для отпуска тормоза тепловоза необходимо нажать на кнопку «Отпуск тормоза». В результате размыкается цепь питания электровоздухораспределителя и тем самым сжатый воздух из управляющих камер реле давления РД1 и РД2 выходит в атмосферу через ЭВР, как уже было сказано выше. Кнопкой «Отпуск тормоза» также можно произвести как полный, так и ступенчатый отпуск тормоза.

ТОРМОЖЕНИЕ ТЕПЛОВОЗА КРАНОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОРМОЗА

После перевода ручки крана вспомогательного тормоза КН35 при управлении из кабины № 1 в одно из тормозных положений воздух из питательной магистрали ПМ через фильтр Ф4, кран вспомогательного тормоза КН35, устройство блокировки тормозов УБТ1 поступает к устройству блокировки тормозов УБТ2 недействующей кабины управления № 2, а также к блоку БТП.

В БТП сжатый воздух через переключательные клапаны К4, К3 поступает в управляющие камеры реле давления РД1 и РД2.

Реле давления РД1, РД2 срабатывают на торможение и открывают проход сжатого воздуха из питательного резервуара РС4 через разобщительные краны КН15, КН16, тормозные камеры реле давления РД1, РД2, дроссели ДР2 — ДР5, рукава РУК3 — РУК18 в тормозные цилиндры ЦТ1 — ЦТ6 и ЦТ7 — ЦТ12.

Кроме этого, сжатый воздух поступает к датчику давления ДД21, через разобщительный кран КН6 — к датчику давления ДД20, кран КН41 — к датчику преобразователя давления ПД3, кран КН48 — к сигнализатору отпуска тормозов РДТ5 и к двухстрелочным манометрам МН1, МН2.

ОТПУСК ТОРМОЗОВ ТЕПЛОВОЗА КРАНОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОРМОЗА

Отпуск тормозов тепловоза краном вспомогательного тормоза КН35 при управлении из кабины управления № 1 происходит при переводе ручки крана вспомогательного тормоза в поездное положение. При этом управляющие камеры реле давления РД1, РД2 через переключательные клапаны К3, К4, устройство блокировки тормозов УБТ1 и через кран вспомогательного тормоза КН35 сообщаются с атмосферой.

Далее реле давления РД1, РД2 срабатывают на отпуск, и воздух из тормозных цилиндров ЦТ1 — ЦТ6 и ЦТ7 — ЦТ12 выходит в атмосферу.

Также сжатый воздух от датчиков давления ДД21, ДД20, датчика преобразователя давления ПД3, сигнализатора отпуска тормозов РДТ5 и двухстрелочных манометров МН1, МН2 выходит в атмосферу через реле давления РД1 и РД2.

ТОРМОЖЕНИЕ ТЕПЛОВОЗА ПОВЫШЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Для обеспечения необходимых нормативов по тормозной эффективности тепловоз ТЭП70БС оборудован двухступенчатым нажатием на тормозные колодки. Вторая ступень торможения реализуется в диапазоне скоростей от 160 до 60 км/ч при давлении в тормозной магистрали ниже 3,0 кгс/см^2, вызванным экстренным торможением краном машиниста, электропневматическим клапаном автостопа ЭПК или по другим причинам, до создания давления в тормозных цилиндрах (6,0 ± 0,2) кгс/см^2.

Рассмотрим данный процесс подробнее. При разрядке тормозной магистрали ТМ ниже 3,0 кгс/см^2 происходит срабатывание датчика-реле давления РДТ4, который замыкает цепь питания электропневматического вентиля ВТ3, расположенного на блоке тормозных приборов БТП (см. рис. 1, 2). При этом воздух из питательного резервуара РС4 объемом 150 л через разобщительный кран КН10, редуктор РЕД2, понижающий давление до (6,0 ± 0,2) кгс/см^2, электропневматический вентиль ВТ3 подходит к переключательному клапану К5, перебрасывая его влево.

Далее сжатый воздух через электроблокировочный клапан ВТ1, переключательные клапаны К4, К3 поступает в управляющие камеры реле давления РД1, РД2. Реле давления РД1, РД2 срабатывают, и процесс торможения происходит аналогично рассмотренному ранее в разделе «Торможение краном машиниста». При этом давление в тормозных цилиндрах ЦТ1 — ЦТ12 установится в пределах (6,0 ± 0,2) кгс/см^2, т.е. давление, на которое отрегулирован редуктор РЕД2.

При снижении скорости движения тепловоза ниже 60 км/ч напряжение с электропневматического вентиля ВТ3 снимается, и управляющие камеры реле давления РД1, РД2 через переключательные клапаны К4, К3, электроблокировочный клапан ВТ1, переключательный клапан К5 и через атмосферное отверстие в электропневматическом вентиле ВТ3 сообщаются с атмосферой. В результате реле давления РД1, РД2 срабатывают на отпуск, и воздух из тормозных цилиндров ЦТ1 — ЦТ6 и ЦТ7 — ЦТ12 выходит в атмосферу.

Давление сжатого воздуха в тормозных цилиндрах будет уменьшаться до тех пор, пока переключательный клапан К5 под действием воздуха, поступающего от воздухораспределителя ВР (при управлении автотормозами) или электровоздухораспределителя ЭВР (при управлении ЭПТ), не перебросится вправо и, соответственно, не произойдет отключение электропневматического вентиля ВТ3. Дальнейшее снижение давления прекратится, и в тормозных цилиндрах установится давление, равное давлению, создаваемому воздухораспределителями ВР или ЭВР.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТОРМОЗОВ

На тепловозе ТЭП70БС применяется электрическое, пневматическое и электропневматическое торможение. Приведение в действие электрического тормоза возможно контроллером машиниста и краном машиниста. Одновременное применение пневматического и электрического тормозов приводит к заклиниваю колесных пар тепловоза, так как тормозная сила в этом случае превышает силу сцепления колес с рельсами.

Блокирование пневматического торможения осуществляется электроблокировочным клапаном ВТ1, расположенным на блоке тормозных приборов. При отсутствии электрического торможения электроблокировочный клапан ВТ1 обесточен и находится в положении, при котором открыт доступ воздуха от воздухораспределителя ВР или ЭВР к управляющим камерам реле давления РД1, РД2, т.е. можно применить автоматический пневматический тормоз или ЭПТ.

В момент перехода на электрическое торможение на электроблокировочный клапан ВТ1 подается напряжение. Клапан срабатывает и перекрывает доступ воздуха от воздухораспределителя ВР или ЭВР в управляющие камеры реле давления РД1, РД2, одновременно сообщая их с атмосферой, что приводит к отпуску пневматического тормоза. При этом возможность торможения состава пневматическим тормозом в режиме электрического торможения сохраняется.

ТОРМОЖЕНИЕ КРАНОМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ТОРМОЗА ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ТОРМОЖЕНИИ

Схемой тепловоза предусмотрена возможность торможения локомотива краном вспомогательного тормоза при электрическом торможении. Совместное действие двух видов торможения возможно до тех пор, пока давление в тормозных цилиндрах не превысит величины (2,3 ± 0,2) кгс/см^2. При превышении давления в тормозных цилиндрах 2,3 кгс/см^2 сработает датчик-реле давления РДТ2 и разберет схему электрического торможения.

СРЫВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ

Схемой тормозного оборудования тепловоза предусмотрено автоматическое замещение электрического тормоза пневматическим независимо от положения ручки крана машиниста.

В случае несанкционированного разбора схемы тормозного режима в результате какого-либо запрета или по падению скорости движения до 10 км/ч катушка электроблокировочного клапана ВТ1 обесточивается. Катушка электропневматического вентиля ВТ2 получает питание, в результате чего вентиль ВТ2 пропускает сжатый воздух из питательного резервуара РС4 через разобщительный кран КН11, редуктор РЕД1 (отрегулированный на давление 2,0 ± 0,2 кгс/см^2), электропневматический вентиль ВТ2, переключательный клапан К3 в управляющие полости реле давления РД1, РД2. Далее реле давления РД1, РД2 срабатывают, и процесс торможения происходит аналогично рассмотренному ранее в разделе «Торможение краном машиниста».

СЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЗА В НЕДЕЙСТВУЮЩЕМ СОСТОЯНИИ

При следовании тепловоза в недействующем состоянии рукоятку устройства блокировки тормозов УБТ1 или УБТ2 в одной из кабин управления необходимо установить в нижнее положение. Комбинированный кран этой блокировки следует установить в положение двойной тяги, ручку крана вспомогательного тормоза КН35 (КН36) установить в поездное положение, а ручку крана машиниста КН32 (КН33) в — положение VI. Затем нужно открыть разобщительный кран «холодного резерва» КН19, расположенный между трубопроводами ТМ и ПМ в районе санузла тепловоза.

Разобщительный кран КН27 следует перекрыть для уменьшения объема зарядки тормозной магистрали, а также с целью создания запаса сжатого воздуха для питания реле давления РД1, РД2 и тормозных цилиндров тепловоза.

Остальные требования к порядку включения кранов и устройств автотормозов необходимо выполнять в соответствии с требованиями Правил технического обслуживания тормозного оборудования и управления тормозами железнодорожного подвижного состава.

Далее соединяют тормозные магистрали ведущего локомотива и пересылаемого тепловоза. Воздух из тормозной магистрали ведущего локомотива поступает в тормозную магистраль недействующего тепловоза и через разобщительный кран «холодного резерва» КН19, обратный клапан КО1 — в питательную магистраль.

Из ПМ воздух поступает:

- в главный резервуар РС2;
- к блоку БТП и через кран КН20, обратный клапан КО3 — в питательный резервуар РС4.

Тем самым происходит зарядка резервуаров РС2, РС4 до значения давления в тормозной магистрали ведущего локомотива. Тормозами управляют с ведущего локомотива изменением давления в тормозной магистрали, которое приводит к срабатыванию воздухораспределителя ВР. Процессы торможения и отпуска происходят аналогично изложенным в разделах «Торможение краном машиниста» и «Отпуск автотормозов краном машиниста»

ЗНАКОМЬТЕСЬ: ТЕПЛОВОЗ 3ТЭ25К^{2М}

В журнале «Локомотив» № 6, 2017 г. был представлен построенный на Брянском машиностроительном заводе (БМЗ, входит в состав ЗАО «Трансмашхолдинг») новый магистральный грузовой тепловоз 3ТЭ25К^{2М}. Он может иметь трех- и двухсекционное исполнение — в зависимости от потребностей заказчика. Локомотив разработан специально для Байкало-Амурской магистрали, где планируется организовать регулярное обращение тяжеловесных поездов массой до 7100 т по маршруту общей протяженностью более 2800 км в одну сторону.

Тепловоз оснащен дизельным двигателем GEVO12 мощностью 3100 кВт (4216 л.с.) в секции. Он обеспечивает повышенные мощностные характеристики, оптимизированный расход горючесмазочных материалов, сниженные затраты на техническое обслуживание и ремонт. В числе реализованных технических решений применены ранее отработанные на тепловозах БМЗ электропередача переменно-постоянного тока, микропроцессорная система управления, экипажная часть, включающая колесно-моторный блок с подшипниками качения.

В винтовом компрессорном агрегате, других вспомогательных системах локомотива используются электродвигатели переменного тока. Тормозное оборудование содержит современный кран машиниста № 130 с дистанционным управлением, модуль Е.317 с интегрированной функцией распределенного управления тормозами поезда (РУТП). Имеются и другие новшества: многоступенчатая система безопасности, приборы видеонаблюдения, регистрации и контроля параметров движения локомотива, автономный обогрев его кабины.

Схема расположения основного и вспомогательного оборудования на крайней и промежуточной секциях магистрального грузового тепловоза приводится на рис. 1.

Кабина машиниста является постоянным рабочим местом локомотивной бригады при управлении тепловозом. Кабина удовлетворяет всем требованиям эргономики, а также санитарно-техническим нормам. Отмеченные условия были положены в основу при создании кабины машиниста нового магистрального грузового локомотива 3ТЭ25К^{2М}. Конструкция и компоновочные решения пульта управления (рис. 2) соответствуют современным эргономическим

Технические характеристики тепловоза 3ТЭ25К^{2М}

Мощность тепловоза, кВт	3×3100
Служебная масса (при 2/3 запаса топлива и песка), т	3×144 – 3 %
Статическая нагрузка от оси колесной пары на рельсы, кН (тс)	245,25 (25,0)
Осевая формула	$3\times(3_0–3_0)$
Касательная сила тяги, кН (тс):	
расчетная максимальная при трогании с места	3×419 (3×42,77)
длительного режима	3×323,6 (3×33)
Конструкционная скорость, км/ч	100

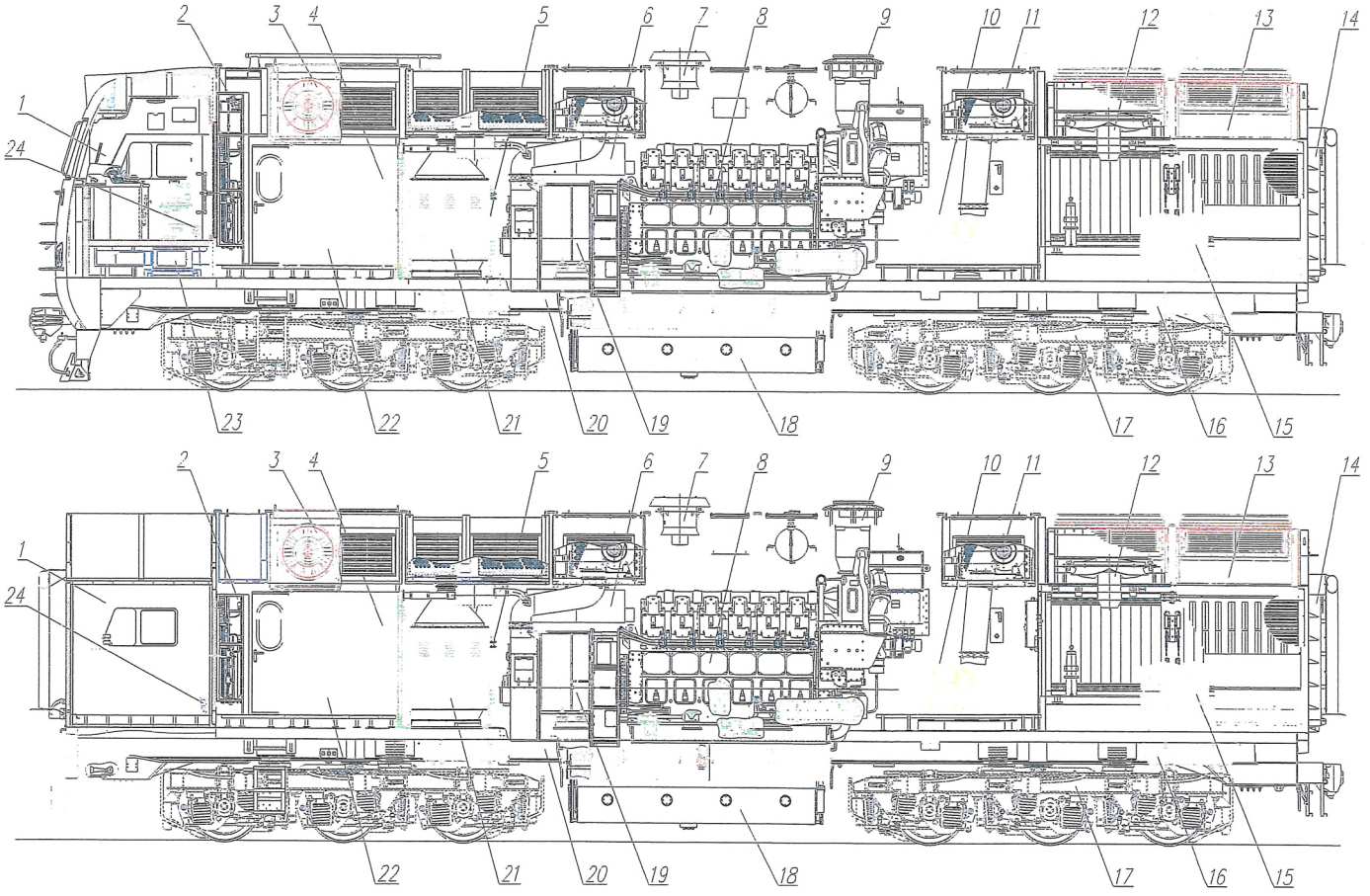


Рис. 1. Схема расположения основного и вспомогательного оборудования на крайней и промежуточной секциях тепловоза 3ТЭ25К^{2М}:
1 — кабина машиниста (проходной тамбур); 2 — модуль тормозного оборудования; 3 — электрический обдуваемый тормоз; 4 — шкаф управления дизелем; 5 — мотор-вентилятор охлаждения ТЭД передней тележки; 6 — шкаф системы инверторного пуска двигателя; 7 — вытяжной мотор-вентилятор; 8 — дизельный двигатель GEVO12; 9 — глушитель шума; 10 — компрессорный агрегат; 11 — мотор-вентилятор охлаждения ТЭД задней тележки; 12 — мотор-вентилятор холодильной камеры; 13 — холодильная камера; 14 — бункеры задних песочниц; 15 — система подготовки сжатого воздуха; 16 — воздушный резервуар; 17 — тележка; 18 — топливный бак; 19 — тяговый агрегат; 20 — главная рама; 21 — управляемый выпрямитель; 22 — аппаратная камера; 23 — установка для обеспечения микроклимата в кабине; 24 — автономный отопитель



Рис. 2. Достоинства кабины и пульта управления представляет машинист-испытатель Брянского завода В.В. Пожеленков

требованиям, обеспечивают улучшенный обзор, удобное в положениях сидя и стоя расположение органов управления и средств отображения информации.

Кроме того, облегчают эксплуатацию тепловоза кран машиниста с дистанционным управлением № 130, который адаптирован для работы с локомотивной системой безопасности БЛОК; светодиодная подсветка пульта и манометров; тактильно-ситуационное расположение тумблеров и кнопок; микроволновая печь и холодильник, выдвижная панель для приема пищи; система видео- и аудиорегистрации.

Для проведения реостатной настройки и выполнения самостоятельных маневров на промежуточной секции тепловоза 3ТЭ25К^{2М} предусмотрена упрощенная панель управления (рис. 3).

Конструкция и расположение окон обеспечивают хорошую видимость пути следования, высоких и низких сигнальных светофоров без искажения восприятия цветности сигналов. Угол установки лобовых стекол подобран с учетом исключения отражения в них наружных световых сигналов и внутренних источников света. Боковые окна раздвижные, имеют поворотные предохранительные щитки снаружи и солнцезащитные регулируемые по высоте экраны с внутренней стороны. Для остекления всех окон применены высокопрочные электрообогреваемые стекла, а в конструкции предохранительных щитков — безосколочные стекла.

Чтобы поддерживать оптимальные условия микроклимата в кабине машиниста, предусмотрена система климат-контроля, обеспечивающая, в том числе, ее предварительный обогрев или охлаждение до требуемых температур за время подготовки тепловоза в рейс. Также в кабине установлен автономный отопитель, обеспечивающий дежурный обогрев кабины машиниста при длительном отстое на открытом воздухе, имеющем отрицательные температуры.

С целью удобства управления тепловозом при подходе к составу предусмотрена кнопка маневровой работы. В задней стенке кабины имеется центральная входная дверь, которая содержит окно с двойным остеклением. Рычаг ручного тормоза размещен за креслом помощника машиниста, а привод выведен в аппаратное помещение.

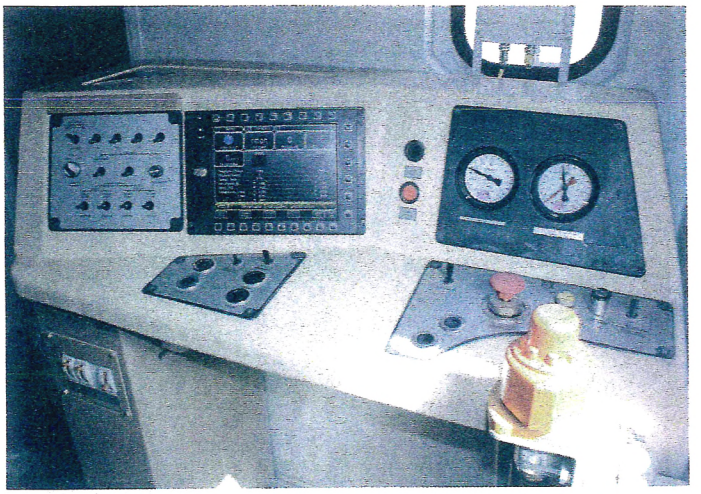


Рис. 3. Упрощенная панель управления промежуточной секции тепловоза

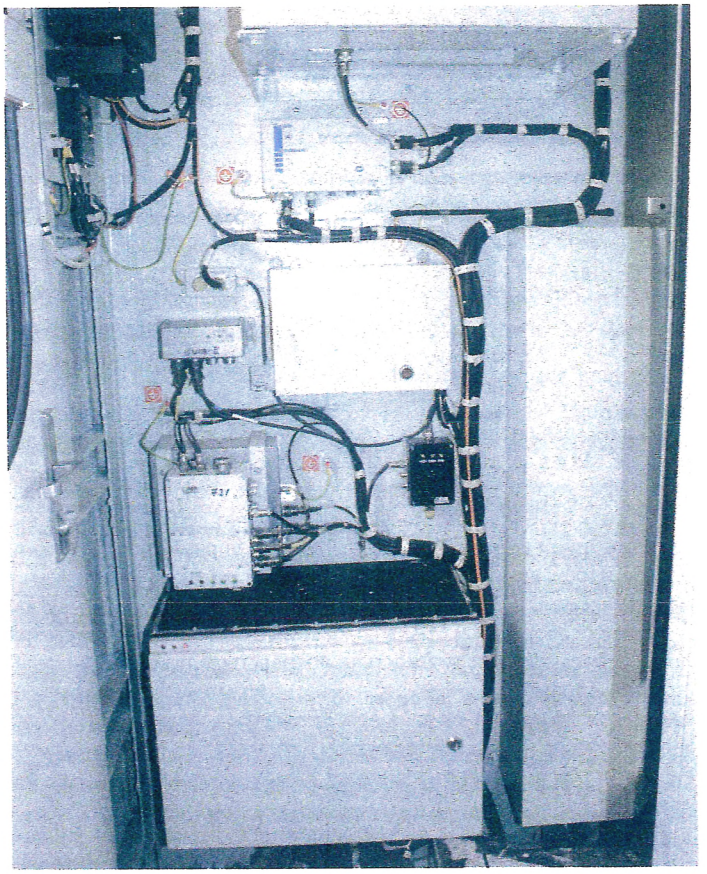


Рис. 4. Расположение в аппаратном помещении блоков управления и связи, системного шкафа, модуля разрядки, дуплексного фильтра, блоков контроля параметров движения (РПДА) и управления тормозами (РУТП)

Прожектор расположен в крыше кабины машиниста. При этом доступ для его регулировки и замены ламп обеспечивается из кабины. Ее крыша, боковые стенки, задняя стенка (включая дверь) и полы имеют хорошую шумоизоляцию.

Аппаратное помещение организовано таким образом, чтобы обеспечить свободный проход в кабину машиниста и беспрепятственный выход из нее. Этот отсек является центральным модулем, двери которого обеспечивают доступ в секции тепловоза. В аппаратном помещении находятся высоковольтная камера, модуль тормозного оборудования Е.317, привод ручного тормоза, блок управления БЦУ и блок связи БС-СН/БЛОК-02, системный шкаф СШ-БЛОК-02, модуль разрядки МКР-160/900, дуплексный фильтр ДФ-160/Р8К (рис. 4). Здесь же расположены блоки системы контроля параметров движения РПДА и блоки РУТП, а в крышевой части — блок электродинамического тормоза снимаемой мощностью 2800 кВт.

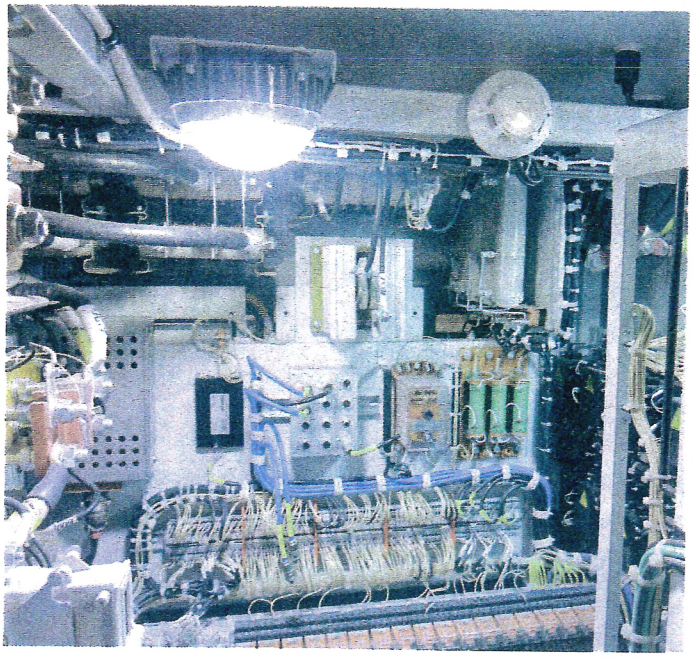


Рис. 5. Компоновка аппаратной камеры

Компоновка аппаратной камеры реализована так, чтобы обеспечить доступ ко всем управляющим контакторам и выключателям, когда возникает необходимость их аварийного отключения (рис. 5). Аппаратная камера содержит как оборудование, отвечающее за сбор схем тяги и управления электрической передачей переменно-постоянного тока, так и осуществляющее диагностику состояния дизельного двигателя GEVO12.

Модуль тормозного оборудования (МТО) Е.317 является не менее важным, чем аппаратная камера, так как отвечает за приведение в действие пневматических тормозов локомотива как в штатном режиме, так и в аварийной ситуации. Компоновка модуля (рис. 6) выполнена с учетом требований, улучшающих эксплуатационные характеристики тепловоза. Модуль представляет собой систему с интегрированной функцией распределенного управления тормозами поезда, необходимость реализации которой изначально заложена в магистральном грузовом локомотиве 3ТЭ25К^{2М}.

Среди особенностей МТО в сравнении с разработанными аналогами — расширенная диагностика посредством применения регистратора параметров («черного ящика») с возможностью последующей расшифровки на компьютере. Кроме того, модуль Е.317 имеет бесконтактную электронную систему сигнализации обрыва тормозной магистрали, а также усовершенствованное компоновочное решение.

В модуле применяются также модернизированные навесные компоненты: реле давления, переключательный клапан и электроблокировочный. Вместо реле давления № 404 применено реле давления новой конструкции поршневого типа. В состав МТО включены запасной и уравнительный резервуары, благодаря чему обеспечивается дополнительное пространство для размещения локомотивного оборудования.

Дизельное помещение является, пожалуй, самым длинным и объемным модулем секции тепловоза 3ТЭ25К^{2М}. В этом модуле располагаются аппараты, отвечающие за реализацию инверторного пуска дизеля, шестиканальный тяговый преобразователь, дизельный двигатель GEVO12 и оборудование его систем, а также тяговый агрегат А723МБ и мотор-вентиляторы охлаждения электрических машин.

Силовая установка — главная особенность любого тепловоза. На 3ТЭ25К^{2М} в качестве нее применяется экономичный четырехтактный дизельный двигатель GEVO12 (рис. 7) с соленоидным управлением впрыском топлива в каждый цилиндр одиночным ТНВД.

В паре с дизельным двигателем работает тяговый агрегат, сочетающий в себе основной тяговый генератор и вспомогательный, смонтированные на едином роторе. Тяговый агрегат специально

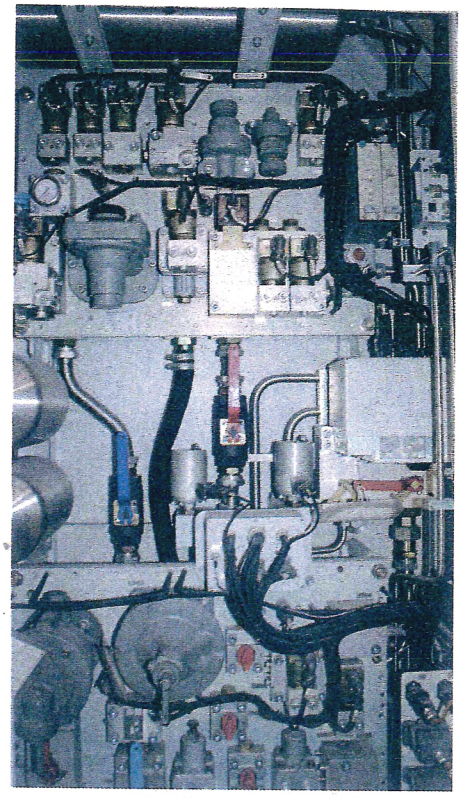


Рис. 6. Компоновка модуля тормозного оборудования Е.317

спроектирован для эксплуатации с дизельным двигателем GEVO12. Он приводится в движение при помощи системы инверторного запуска, которая включает в себя оборудование, входящее в установочный комплект двигателя. Принцип работы системы инверторного запуска — современный и высокоэффективный, заключается в приведении во вращение тягового генератора, переведенного в режим синхронного электродвигателя, от аккумуляторных батарей.

Оборудование систем смазки, подачи топлива и охлаждения обеспечивает устойчивую работу дизельного двигателя во всем диапазоне допустимых нагрузок. В установочный комплект входят маслопрокачивающий насос, а также топливоподкачивающий низкого давления, масляный охладитель, подогреватель топлива, фильтры грубой и тонкой очистки масла и топлива, клапан-термостат, которые располагаются в кузове тепловоза. Вся топливная аппаратура размещена по правой стороне кузова, а по левой стороне установлены водомасляный теплообменник с ребрами самоохлаждения и фильтр тонкой очистки масла. Дополнительно предусмотрен резервный топливоподкачивающий насос с фильтрами на случай выхода из строя основного насоса.

Винтовой компрессорный агрегат АКВ-4,5 с приводом от асинхронного электродвигателя также расположен в дизельном помещении (рис. 8). Этот агрегат предназначен для снабжения необходимым запасом сжатого воздуха и пополнения этого запаса по мере его расхода пневматическим оборудованием и пневматическими магистралями локомотива. Агрегат состоит из компрессора с приводом от электродвигателя переменного тока, оснащен принудительной системой воздушного охлаждения для масла и сжатого воздуха при помощи электровентилятора, который выбрасывает нагретый воздух через жалюзи в стенке кузова.

Компрессорный агрегат смонтирован на амортизаторах, предназначенных для снижения вибрации. Он работает в паре с блоком очистки и осушки сжатого воздуха (БОСВ), вырабатываемого компрессором, и дальнейшем транзите в питательную и тормозную магистрали тепловоза. Блок БОСВ — это адсорбционный, двухкамерный влагоотделитель с попеременно меняющимися фазами адсорбции и регенерации. Он позволяет получать технически качественный сжатый воздух с минимальным содержанием влаги и масляных примесей.

Тяговый преобразователь представляет собой двусторонний шкаф закрытого исполнения со съемными щитами, в котором расположены силовые полупроводниковые приборы и устройства защиты. Установка служит для преобразования нестабильного по величине и частоте трехфазного переменного напряжения дизель-агрегата в шесть независимо регулируемых постоянных напряжений для раздельного питания тяговых электродвигателей (ТЭД) ЭД133К постоянным током.

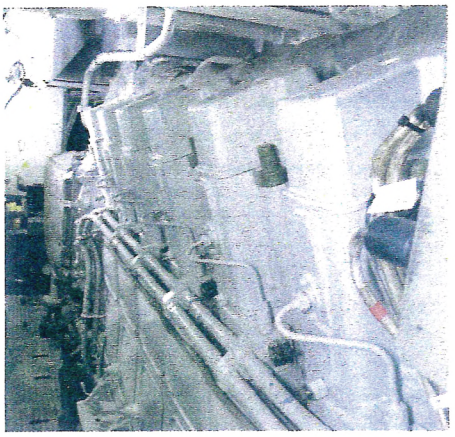


Рис. 7. Четырехтактный дизельный двигатель GEVO12 мощностью 3100 кВт



Рис. 8. Винтовой компрессорный агрегат АКВ-4,5 с приводом от асинхронного электродвигателя

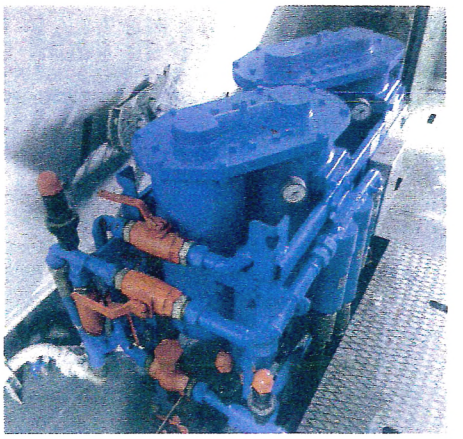


Рис. 9. Блок очистки и осушки сжатого воздуха с фазами адсорбции и регенерации

В крышевой части дизельного помещения размещены мотор-вентиляторы охлаждения тягового преобразователя, тяговых двигателей передней тележки, тягового агрегата и ТЭД задней тележки. Все они имеют асинхронный привод и оборудованы блоками мультициклонов, которые обеспечивают требуемую чистоту наддувочного воздуха. Привод вентиляторов отсоса пыли также асинхронный. Исключением является объединенный вентилятор отсоса пыли из мультициклонов охлаждения тягового преобразователя и ТЭД передней тележки.

Вытяжной мотор-вентилятор имеет асинхронный привод и включается вручную тумблером. Воздухоочистители дизельного двигателя расположены по обе стороны кузова и объединяются каналом. Они имеют две ступени очистки, обеспечивают очистку наддувочного воздуха до 99,5 %, улавливая мелкодисперсную пыль. Замена загрязненных фильтров второй ступени выполняется внутри кузова тепловоза.

Холодильная камера представляет собой модульный каркас, агрегатированный блоками радиаторных секций, имеет четыре мотор-вентилятора с самовентиляцией, верхние и боковые жалюзи, соединительные трубопроводы. По обе стороны холодильной камеры расположены шахты, образующие трапециевидный проход в следующую секцию. Внутри шахт установлены также приводы для открытия боковых и верхних жалюзи. Доступ в шахты обеспечивается через съемные люки.

Блоки радиаторных секций расположены вертикально по отношению к главной раме. Мотор-вентиляторы «подвешены» в верхнем пространстве холодильной камеры. Снаружи установлены утеплительные щиты, которые используются в зимний период года. Также конструкцией холодильной камеры предусмотрено ручное открытие боковых и верхних жалюзи на случай неисправности основного пневматического привода.

Кроме того, в пространстве между холодильными шахтами размещены блок очистки и осушки сжатого воздуха (рис. 9), биотуалет, ящик для инструментов и принадлежностей. Снаружи на задней стенке холодильной камеры установлены слева и справа от межсекционного перехода песочные бункеры.

Трехосная тележка (рис. 10) обеспечивает передачу и реализацию силы тяги, плавность хода при взаимодействии экипажной части и пути, безопасность движения. Конструктивно тележка тепловоза бесчелюстная с двухступенчатым рессорным подвешиванием, опорно-осевой подвеской тяговых двигателей, рычажной передачей тормоза с двусторонним нажатием тормозных колодок пневматическим приводом для каждого колеса и поводковыми буксовыми узлами.

На буксах третьей и четвертой колесных пар тележек установлено по одному датчику ДПС-У-01 системы БЛОК. Тяговые двигатели тележки развернуты в одну сторону, что способствует равномерному распределению нагрузок по осям при движении тепловоза.

Тележка состоит из рамы, трех колесно-моторных блоков с моторно-осевыми подшипниками качения, опорно-возвращающих

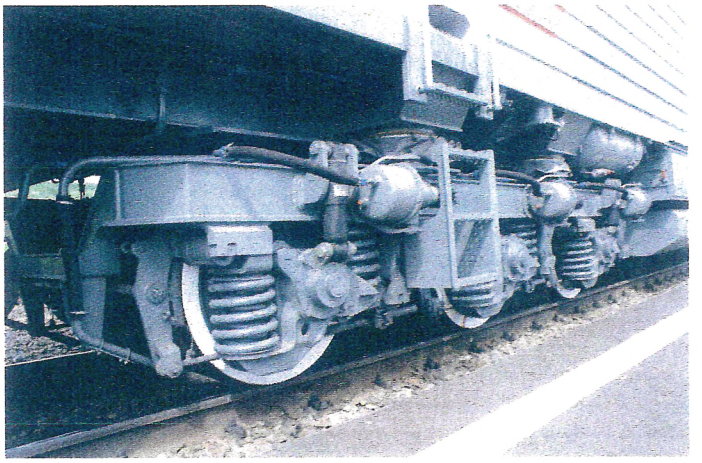


Рис. 10. Трехосная бесчелюстная тележка с двухступенчатым рессорным подвешиванием, гидравлическим гасителем колебаний, опорно-осевой подвеской тяговых двигателей

устройств, рессорного подвешивания, рычажной передачи тормоза, воздухопровода, трубопровода песочной системы. Рама тележки предназначена для размещения колесно-моторных блоков (КМБ) с рессорным подвешиванием, тормозного оборудования, опорных устройств надтележечного строения и механизма передачи силы тяги на кузов тепловоза.

Рама изготовлена из двух боковин, которые связаны тремя поперечными и одной концевой балкой, в поперечном сечении имеющих замкнутый профиль коробчатого сечения. На внутренних поперечных балках, строго на продольной оси рамы, установлена литая шкворневая балка, в средней части которой монтируется шкворневой узел, обеспечивающий жесткую передачу продольных сил и упругую передачу поперечных.

Гидравлический гаситель колебаний устанавливается параллельно пружинным комплектам и предназначен для размещения в буксовой ступени рессорного подвешивания локомотива, чтобы обеспечивать нормируемые показатели плавности его хода и воздействия на рельсовый путь. Демпфер включает корпус, цилиндр и шток с поршнем, в котором установлена дроссельно-клапанная система, а также узлы уплотнения штока и корпуса, защитный кожух и детали крепления (см. рис. 10).

Размер наружного диаметра демпфера выбирается таким образом, чтобы при всех возможных в эксплуатации взаимных угловых перемещениях деталей амортизатор не касался внутренней цилиндрической поверхности диаметром кронштейна. Внутренняя полость гидравлического гасителя колебаний заполнена жидкостью 7-50С-3 ГОСТ 20734. Гайка крепления поршня гасителя колебаний к кронштейну буксового узла и к кронштейну на раме тележки стопорится контргайкой.

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ТЕПЛОВОЗА

(Продолжение цикла статей. Начало см. «Локомотив» № 8 — 12, 2015 г.; № 1 — 12, 2016 г.; № 1 — 7, 2017 г.)

Окончание части 18. СИЛЫ И ДВИЖЕНИЕ ПОЕЗДА

В.С. РУДНЕВ, профессор МИИТа

ТОРМОЗНЫЕ СИЛЫ И ТОРМОЖЕНИЕ ПОЕЗДА

Как известно, трогание с места и разгон поезда до заданной скорости машинист осуществляет, используя тяговый режим работы локомотива. Динамика движения поезда по перегону, в основном, определяется планом и профилем пути, т.е. действием **неуправляемых** сил основного и дополнительных сопротивлений движению. В случаях необходимости остановки поезда на перегоне вне графика движения или поддержания допустимой скорости движения на спусках машинист должен иметь в своем распоряжении искусственно создаваемые силы, направленные против движения.

Искусственно создаваемые тормозными средствами и управляемые машинистом силы, направленные в сторону, противоположную движению поезда, называют **тормозными силами** $B_т$, а режим ведения поезда тормозным.

При тормозном режиме кинетическая энергия движущегося поезда за короткое время преобразуется в работу тормозных средств. *Мощность* тормозных средств в отличие от касательной мощности (силы тяги) локомотива, реализуемой при взаимодействии его колес с рельсами, теоретически *не ограничена по величине.*

В общем случае мощность (энергия) тормозных средств должна быть не менее или равна энергии движущегося поезда. Характер изменения величины тормозной силы $B_т$, в первую очередь, зависит от применяемой на подвижном составе железных дорог системы торможения.

Классификация систем торможения. На подвижном составе российских железных дорог в разной степени применяют три основные системы торможения (рис. 1): механические, гидродинамические и электрические.

В **механических** системах торможения тормозная сила создается за счет механического фрикционного трения. Кинетическая энергия движущегося поезда в таких системах преобразуется в механическую работу сил трения, которая расходуется на истирание и нагревание трущихся при торможении поверхностей.

В **гидродинамических** системах тормозная сила создается за счет взаимодействия лопастных колес тормозных гидромуфт или гидротрансформаторов обратного хода с рабочей жидкостью. Кинетическая энергия поезда в таких системах преобразуется в тепловую энергию рабочей жидкости гидродинамической передачи локомотивов, отводимую в холодильник. В гидравлические передачи современных дизельных локомотивов ОАО «РЖД» (рельсовые автобусы РА1 и РА2, грузопассажирские тепловозы ТГ16М) включены тормозные гидромуфты, позволяющие машинистам осуществлять гидродинамическое торможение. Гидрореверсивные передачи тепловозов, в которых для торможения поезда можно использовать гидротрансформаторы обратного хода, в нашей стране не строились.

В свою очередь, **электрические** системы торможения подразделяются (см. рис. 1) на электродинамические и электромагнитные рельсовые.

В электродинамических системах тормозная сила создается благодаря свойству обратимости тяговых электродвигателей (ТЭД) локомотивов в генераторы. Кинетическая энергия поезда в этих системах преобразуется в электрический ток, вырабатываемый ТЭД, который поглощается в тормозных резисторах (реостатах) локомотивов и рассеивается в виде тепла в окружающую среду или рекуперируется (возвращается) в контактную сеть при электрической тяге. Сочетание рекуперативного и реостатного торможения электроподвижного состава (ЭПС) можно отнести к комбинированным (рекуперативно-реостатным) системам электродинамического торможения ЭПС.

При электромагнитном рельсовом торможении тормозные башмаки, имея обмотку возбуждения, работают как двухполюсная система, т.е. притягиваются к рельсу при питании обмотки возбуждения. Тормозная сила при рельсовом торможении создается за счет фрикционного механического трения тормозных башмаков и рельсов. Тормозное усилие при этом не регулируется, и такие рельсовые тормоза применяются как вспомогательные для уменьшения тормозного пути поезда.

Колесно-моторный блок (КМБ) служит для преобразования электрической энергии в механическую, которая затем передается от тягового двигателя через тяговый шестеренный редуктор к осям тепловоза. Основные узлы блока КМБ: колесная пара, две поводковые буксы, осевой подшипник, тяговая передача. Одной стороной ТЭД жестко опирается на ось колесной пары через корпус моторно-осевых подшипников, а другой (опорным приливом) — упруго через пружинную подвеску на раму тележки.

Моторно-осевой подшипник (МОП). В колесно-моторном блоке установлены моторно-осевые подшипники: роликовый радиальный сферический двухрядный со стороны зубчатой передачи и роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами с противоположной стороны. Тип смазки подшипниковых узлов — Буксол ТУ0254-107-01124328—01. Подшипники заправляются смазкой при сборке колесной пары. Стык соединения остова ТЭД и корпуса подшипников уплотнен автогермесилом ТУ6-15-1822—95. Посадка внутренних колец моторно-осевых подшипников, лабиринтного и дистанционного колец, а также ступицы большого зубчатого колеса выполнена тепловым методом, а посадка ходовых колес — прессовым методом по соответствующей типовой технологии.

Тяговый редуктор предназначен для передачи крутящего момента с якоря тягового электродвигателя колесным парам тепловоза. Тяговый редуктор КМБ с МОП качения состоит из ведущей шестерни и ведомого зубчатого колеса. Между полукорпусами редуктора уложена уплотнительная резиновая трубка. Уплотнение кожуха в месте его соприкосновения с корпусом ТЭД создается уплотнительным кольцом, уложенным в паз. Редуктор закрыт разъемным кожухом, который содержит верхнюю и нижнюю сварные половины, скрепленные между собой по лапам четырьмя болтами. К остову тягового двигателя кожух прикреплен тремя болтами.

Два опытных тепловоза 3ТЭ25К^{2М} одновременно проходят приемочные и сертификационные испытания: № 0001 — на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» (ст. Щербинка) и № 0002 — на скоростном полигоне Белореченская — Майкоп Северо-Кавказской дороги. После устранения выявленных замечаний тепловоз № 0002 будет направлен в эксплуатационное локомотивное депо Курбакинская Московской дороги, где будет в двух- и трехсекционном исполнениях водить грузовые составы.

Предусматривается, что тепловоз 3ТЭ25К^{2М}-0001 в августе — сентябре примет участие в VI Международном железнодорожном салоне техники и технологий «ЭКСПО 1520», а в октябре будет передислоцирован на БАМ для проведения эксплуатационного пробега 50 тыс. км. В ноябре планируются проведение приемочной комиссии и получение сертификата. Ожидаемое место приписки тепловоза — эксплуатационное локомотивное депо Тында Дальневосточной дороги.

По материалам ЗАО «Трансмашхолдинг»

Вихретоковый тормоз работает без использования сил трения системы тормозной башмак — рельс. Он состоит из башмака в виде ферромагнитного сердечника с обмоткой (тормозного башмака), подвешенного на тележке вагона электропоезда на расстоянии 5 — 7 мм от поверхности головки рельса. При подаче электрического тока в обмотку башмака создается электромагнитное поле. При движении поезда в рельсах наводятся вихревые токи (токи Фуко), создающие собственное магнитное поле. Взаимодействие двух магнитных полей и создает тормозной эффект. Кинетическая энергия движущегося поезда в таких системах преобразуется в тепловую, которая от рельсов рассеивается в окружающую среду. Серьезным недостатком вихретоковой системы торможения является возможность нарушения стабильной работы устройств системы СЦБ и связи железных дорог.

Работа *магнитно-рельсового тормоза,* в основном, схожа с электромагнитным рельсовым тормозом, только вместо обмотки возбуждения тормозных башмаков используются постоянные магниты, что позволяет применять такой тормоз не только при движении поезда, но и как стояночный.

На ряде опытных высокоскоростных поездах Японии (серии 360S и 360Z) применены вспомогательные **аэродинамические** тормоза, которые представляют собой металлические щиты, убранные в нерабочем состоянии в крыши кузовов вагонов поезда. При достижении поездом скорости 200 км/ч щиты с помощью пневмоцилиндров поворачиваются и выдвигаются над крышами вагонов через щели в обшивке кузова в пределах габарита подвижного состава, создавая дополнительное аэродинамическое сопротивление его движению. При меньших скоростях движения высокоскоростных поездов использование аэродинамического тормоза становится малоэффективным.

Помимо вышеназванных систем торможения для поездов с магнитным подвешиванием и линейным двигателем для тяги в ряде стран используются **электромагнитные** системы торможения. В таких системах тормозная сила создается за счет взаимодействия магнитных потоков движущегося поезда и неподвижного пути. Поезда с магнитным подвешиванием относят к высокоскоростному наземному транспорту, предназначенному для движения со скоростями до 400 км/ч.

Из всех вышерассмотренных систем торможения наиболее надежным и эффективным для железнодорожного транспорта является механическое торможение, которое наиболее надежно в эксплуатации и позволяет использовать для создания тормозной силы все без исключения единицы подвижного состава. Электрические и гидродинамические системы торможения применимы лишь на локомотивах и моторных вагонах скоростных электропоездов. Величина тормозной силы в этих системах ограничена мощностью силовой установки автономного локомотива или моторного вагона, и такие тормоза при локомотивной тяге используют при движении лишь как вспомогательные.

Механическое торможение. В зависимости от способа создания тормозной силы различают следующие системы механического фрикционного торможения (см. рис. 1): колесно-колодочные, барабанные и дисковые.

При **колесно-колодочном** торможении тормозная сила создается благодаря радиальному нажатию тормозных колодок на колеса подвижного состава. Механическое воздействие тормозных колодок на колесные пары сопровождается фрикционным износом поверхности кругов катания колес и самих колодок, а также их нагревом.

Нажатие тормозных колодок на колесные пары может быть, как одностороннее (рис. 2,а), так и двухстороннее (рис. 2,б). Колесно-колодочная система торможения является основной на железнодорожном транспорте страны; в этой связи особенности ее работы будут рассмотрены ниже более подробно.

Принципиальными отличиями **барабанных тормозов** являются применение в системе торможения специальных тормозных барабанов и радиально перемещающихся тормозных колодок. Тормозной барабан насаживают на ось колесной пары (рис. 3,а) или якорь тягового электродвигателя. В ряде конструкций транспортных средств тормозной барабан закрепляют на колесном центре колесной пары (рис. 3,б,в). Тормозные колодки прижимаются к барабану снаружи (рис. 3,а,б.) или изнутри (рис. 3,в), обеспечивая создание тормозной силы.

Барабанные тормоза более эффективны в эксплуатации, чем колесно-колодочная система торможения, так как увеличивается общая площадь прижатия тормозных колодок к колесной паре. Поверхности профиля колес не подвержены термическому воздействию и износу от действия тормозных колодок, что в итоге позволяет увеличить межремонтный пробег колесных пар и экипажной части локомотивов в целом.

К недостаткам барабанных тормозов следует отнести: усложнение конструкции рычажной передачи тормоза и снижение его эксплуатационной надежности, увеличение неподрессоренной массы экипажной части и самой тормозной системы, а также ряд других. В настоящее время барабанные тормоза применяют на трамвайных моторных вагонах новых типов.

Дисковые тормоза (рис. 4) нашли самое широкое применение на скоростных и высокоскоростных электропоездах с распределенной тягой. Такая механическая тормозная система работает следующим образом. На внешней, а в ряде конструкций локомотивов и вагонов электропоездов — на внутренней стороне колесного центра или на осях колесных пар, прикрепляют тормозные диски. Специальные тормозные накладки, перемещаясь под действием клещевого механизма в осевом поперечном направлении, прижимаются к тормозным дискам и создают силу трения и тормозной момент $M_т$, величина которого несколько меньше, чем при колесно-колодочном торможении, так как диаметр тормозного диска меньше диаметра колеса

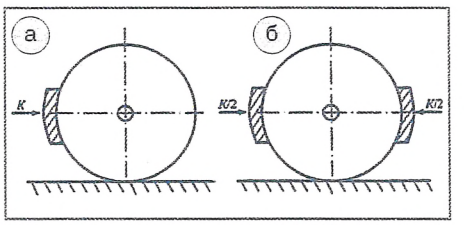


Рис. 2. Схемы колесно-колодочного тормоза: а — одностороннего действия; б — двухстороннего нажатия

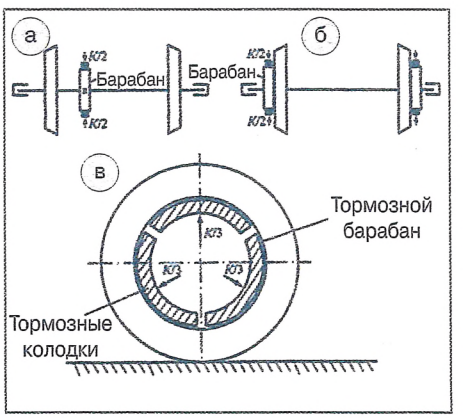


Рис. 3. Схемы барабанного тормоза: а — барабан размещен на оси; б — барабан прикреплен к колесному центру; в — внутреннее расположение тормозных колодок

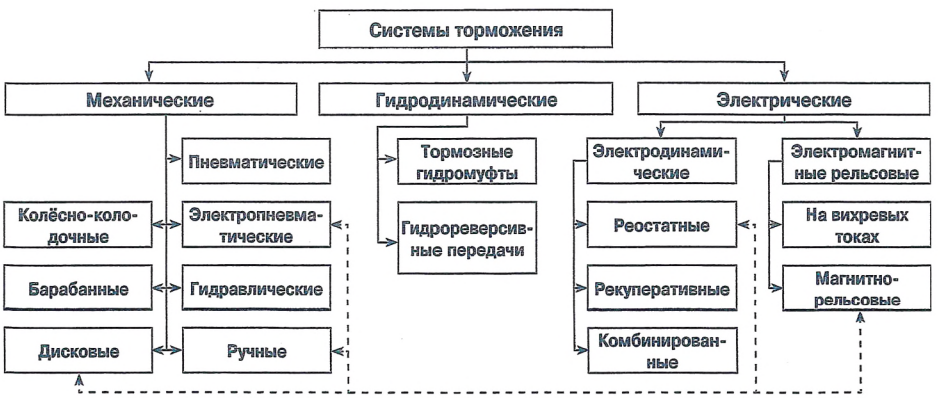


Рис. 1. Классификация систем торможения подвижного состава

колесной пары $d_т < D_к$ (см. рис. 4). В этой связи на каждой колесной паре (тормозной оси) необходимо устанавливать не менее двух тормозных дисков.

Тормозные накладки изготавливают из органических смол, в состав которых входят фрикционные композиционные материалы, что в итоге позволяет повысить эффективность торможения подвижным составом и уменьшить износ пар трения. Тормозные диски изготавливают из серого чугуна или стали. Так как тормозные диски и накладки при торможении подвержены серьезному термическому воздействию, к материалам, из которых они изготовлены, предъявляют особые требования в отношении теплоустойчивости и термоусталости.

Дисковые тормоза установлены практически на всех скоростных и высокоскоростных поездах, эксплуатируемых на железных дорогах РФ («Сапсан», «Ласточка», «Аллегро»). Крупнейшим в мире поставщиком дисковых тормозов (в комплекте) для скоростных и высокоскоростных поездов является немецкая фирма «Кнорр-Бремзе». Например, на осях колесных пар немоторных тележек вагонов скоростного поезда «Сапсан» установлены по три тормозных диска 1 (рис. 5), прижатие тормозных накладок к которым при торможении обеспечивают также три клещевых механизма 2 производства фирмы «Кнорр-Бремзе».

Колесные пары моторных тележек вагонов скоростного поезда «Сапсан» оборудованы тормозными дисками, установленными на внешние и внутренние стороны каждого колесного центра по схеме дискового тормоза, представленной на рис. 4. Соответственно, прижатие тормозных накладок к тормозным дискам обеспечивают два клещевых механизма. Управление работой клещевых механизмов тормоза осуществляется электропневматическим приводом автоматически из головного вагона поезда или по сигналу противоюзного устройства.

Накопленный опыт эксплуатации скоростных поездов «Сапсан» показал хорошую эффективность применения дисковой системы торможения в зоне высоких скоростей движения 120 — 200 км/ч. В среднем, для диапазона 120 — 200 км/ч тормозной эффект дисковых тормозов оказался выше на 30 % по сравнению с колесно-колодочным торможением поезда.

Применение дисковых тормозов также позволяет уменьшить износ колесных пар и увеличить межремонтный пробег локомотивов и электропоездов между ТО-4. К недостаткам дисковых тормозов следует отнести следующие:

- увеличение веса колесных пар и динамического воздействия на путь;
- более высокую стоимость по сравнению с колесно-колодочной системой;
- резкое падение силы нажатия тормозных накладок и тормозной силы поезда при износе деталей клещевого механизма;

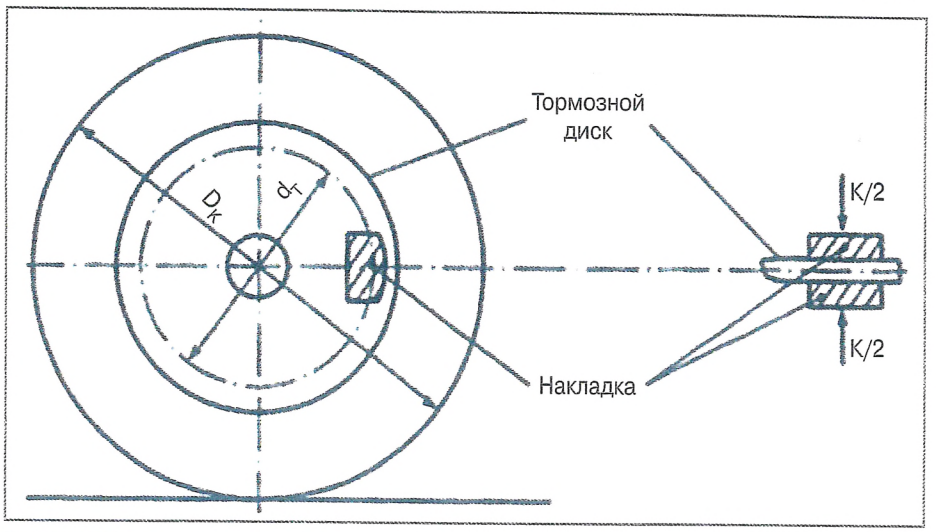


Рис. 4. Схема дискового тормоза

- снижение эксплуатационной надежности работы буксовых и иных узлов экипажной части подвижного состава из-за воздействия дополнительных боковых усилий от тормозных накладок на колесные пары;
- необходимость постоянного контроля за техническим состоянием клещевых механизмов тормоза;
- загрязнение рабочей поверхности бандажей колес и снижение коэффициента сцепления (при колесно-колодочном торможении колодки очищают поверхности бандажей) и ряд других.

Необходимо отметить, что при дисковом тормозе обязательно нужно включать в тормозную систему поезда автоматическое противоюзное устройство, препятствующее заклиниванию колесных пар и образованию ползунов.

Системы механического торможения классифицируют также **по типу привода тормозных средств** (см. рис. 1). При этом различают: пневматические, электропневматические, ручные и гидравлические.

В пневматических системах механического торможения при снижении давления воздуха в тормозной магистрали поезда воздух из запасных резервуаров поступает в тормозные цилиндры. Последние приводят в действие рычажную тормозную передачу, которая прижимает тормозные колодки к бандажам. При дисковом торможении с помощью сжатого воздуха управляется работа клещевых механизмов тормоза. Таким образом, рабочим телом в пневматических тормозах является воздух, предварительно сжатый компрессором локомотива или вагона. Этот тип привода, благодаря высокой эксплуатационной надежности, в настоящее время является основным на подвижном составе железных дорог РФ.

В электропневматических системах торможения управление работой тормозов осуществляется с помощью электрического тока. В таких системах применяют специальные воздухораспределители с электрическим управлением.

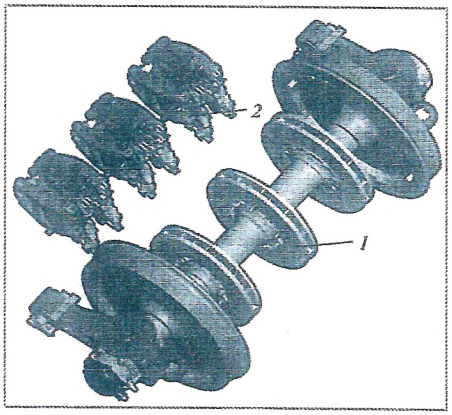


Рис. 5. Колесная пара немоторной тележки электропоезда «Сапсан» с дисковым тормозом «Кнорр-Бремзе»:
1 — тормозной диск; 2 — клещевой механизм

Электровоздухораспределители изменяют давление сжатого воздуха в тормозных цилиндрах и поддерживают его в заданных пределах в соответствии с командами — электрическими сигналами, поступающими с пульта управления работой локомотива.

Электропневматическими системами торможения оборудуются локомотивы, вагоны электропоездов, рельсовые автобусы, пассажирские вагоны. Такие системы являются вспомогательными, в случае их отказа машинист использует основной пневматический тормоз.

Ручными (стояночными) тормозами оборудованы все локомотивы, дизель- и электропоезда, рельсовые автобусы, пассажирские вагоны и часть грузовых вагонов с тормозными площадками. Применяют этот вид тормоза на стоянках для удержания подвижного состава на месте. В ручных тормозах усилие руки человека от маховика тормоза передается на тормозные колодки через продольные тяги, соединенные с главным рычагом рычажной передачи тормоза единицы подвижного состава.

В гидравлическом приводе тормозов исполнительным органом, обеспечивающим прижатие тормозных колодок или накладок к колесу, является гидроцилиндр, заполненный тормозной жидкостью. В связи с тем,

что жидкость практически несжимаема, гидравлическая система привода тормозных средств более компактна, чем пневмопривод. Гидропривод тормозных средств широко применяется на автотранспорте и ряде других видов транспорта.

На локомотивах и вагонах этот тип привода тормозных средств применения не получил из-за недостаточной эксплуатационной надежности и ряда других проблем. Например, как решить проблему пополнения жидкостью тормозной магистрали поезда при вполне возможных ее утечках в процессе эксплуатации? При пневматической системе привода эта проблема легко решается с помощью тормозного компрессора локомотива. Существуют и другие проблемы, ограничивающие сферу применения гидропривода тормозов на транспортных средствах железных дорог.

Образование тормозной силы при колесно-колодочном торможении. При нажатии тормозной колодки силой К (рис. 6) на колесо колесной пары подвижного состава между ними возникает сила трения $\varphi_к K$, где $\varphi_к$ — коэффициент трения колодки о колесо. Приложим к центру колеса О две силы $\varphi_к K$, равные по величине силе трения колодки о колесо, но противоположно направленные. Эти две силы взаимно уравновешиваются и не могут изменить положение системы.

Сила $\varphi_к K$, направленная из центра колеса вверх, будет уравновешиваться реакцией R, возникающей на колодке и передаваемой через элементы тележки на колесо. Одновременно реакция R и сила $\varphi_к K$ создают дополнительный момент, который разгружает колесо при торможении. Заменим пару сил, отмеченных на рис. 6, с моментом $M_т$, парой сил В и B_1 с моментом $M_{ВВ1}$, равным по величине $M_т$, т.е. $M_т = M_{ВВ1}$.

Из рис. 6 следует, что B_1, приложенная в точке А касания колеса и рельса, — это сила, с которой колесо действует на рельс при торможении $B_1 = B = \varphi_к K$.

Момент, создаваемый парой сил $M_{ВВ1}$, стремится сдвинуть точку А колеса вправо, но сила сцепления колеса с рельсом, действующая в результате прижатия колеса к рельсу силой П, удерживает колесо (точка А) от скольжения. При отсутствии скольжения по третьему закону Ньютона в точке А контактной площадки возникает реактивная сила $B_т$, с которой рельс действует на колесо при торможении, т.е. $B_т = B_1 = \varphi_к K$.

Сила $B_т$ является внешней по отношению к движущейся системе — экипажу, и именно ее принято называть **тормозной силой.**

Применительно к поезду с числом тормозных осей n при К в кН, тормозная сила, Н:

$$B_т = 1000 \Sigma \varphi_к K, \quad (1)$$

где 1000 — коэффициент размерности, переводит «кН» в «Н».

Из формулы (1) следует, что величина тормозной силы $B_т$, создаваемая всеми колодками поезда, зависит от значения сил суммарного нажатия колодок ΣК и коэффициента трения колодки о колесо $\varphi_к$.

Рассмотрим факторы, определяющие величины $\varphi_к$ и ΣК. **Коэффициент трения** тормозных колодок о колесо $\varphi_к$ зависит от материала и качества трущихся поверхностей, скорости движения и силы нажатия К. На величину $\varphi_к$ влияют также форма поверхности колодки, чистота поверхности колеса и температура пары трения.

На железных дорогах России применяются три типа колодок: стандартные чугунные, из высокофосфористого чугуна (с содержание фосфора до 1,5 %) и композиционные. На рис. 7 представлены результаты испытаний по определению зависимости коэффициента трения $\varphi_к$ от скорости движения для вышеперечисленных типов колодок. С ростом скорости коэффициент трения уменьшается. Например, при увеличении скорости движения поезда лишь до 80 км/ч величина коэффициента трения $\varphi_к$ чугунных колодок уменьшается в два раза.

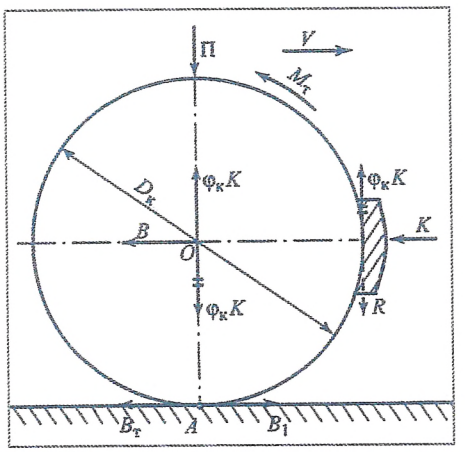


Рис. 6. Схема образования тормозной силы при колесно-колодочном торможении

Аналогичная картина наблюдается при увеличении силы нажатия К колодки на колесо. С увеличением скорости и удельного нажатия колодок количество тепла, выделяемое при трении колодки о колесо, возрастает, повышается температура металла колодки и колеса, поверхностный слой контактируемых поверхностей размягчается и становится более пластичным, что приводит к уменьшению тормозного эффекта.

Поэтому уже при скоростях движения подвижного состава более 120 км/ч, т.е. в диапазонах скоростного и высокоскоростного движения, когда требуется большая тормозная сила, применение системы колесно-колодочного торможения становится малоэффективным.

Коэффициент трения тормозных колодок о колеса рассчитывают по эмпирическим формулам, приведенным в Правилах тяговых расчетов для поездной работы.

К недостаткам стандартных чугунных колодок следует также отнести их интенсивный износ в эксплуатации и загрязнение балласта верхнего строения пути чугунной пылью, которая образуется при торможении от истирания колодок. Эта чугунная пыль, попадая на контакты тяговых электродвигателей, ухудшает их эксплуатационную надежность. Необходимо отметить, что применение чугунных колодок с повышенным содержанием фосфора до 1,5 % повышает их износостойкость примерно на 30 % и обеспечивает более стабильный коэффициент трения (см. рис. 7).

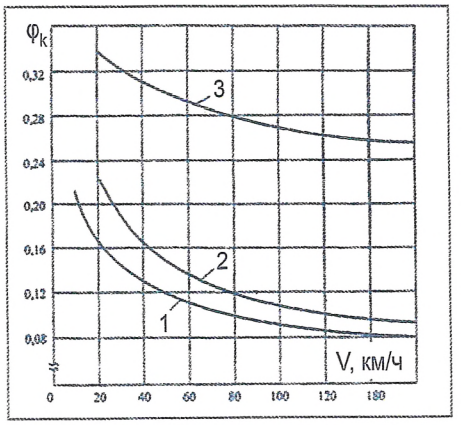


Рис. 7. Зависимости коэффициента трения при колесно-колодочном торможении от скорости движения и материала колодок:
1 — стандартные чугунные; 2 — из высокофосфористого чугуна; 3 — композиционные

По оценкам специалистов, в год на железнодорожном транспорте РФ «истирается в пыль» при торможении до 300 тыс. т специального чугуна, из которого изготавливают тормозные колодки, поэтому повышение износостойкости тормозных колодок — одна из приоритетных задач железнодорожного транспорта.

Композиционные колодки изготавливают из асбестокаучукового материала с различными добавками. Они обладают более высоким (в несколько раз по сравнению с чугунными) коэффициентом трения, особенно в зоне высоких скоростей (V ≥ 120 км/ч).

Износостойкость композиционных колодок примерно в три раза больше, чем чугунных. Однако применяемые колодки имеют ряд серьезных недостатков: вследствие низкой теплопроводности асбестокаучукового материала возникает высокая температура (до 300 °С) нагрева колесных пар, что может привести к ослаблению бандажей колес локомотивов и появлению термических микротрещин. В зимнее время может произойти увлажнение материала и обледенение поверхностей композиционных колодок, что приводит к резкому снижению значения коэффициента трения и, как следствие, тормозного эффекта и увеличению тормозного пути поезда.

При неблагоприятных условиях эксплуатации тормозной путь подвижного состава, оборудованного композиционными колодками, может увеличиться в разы по сравнению с торможением стандартными чугунными колодками. По этим и ряду другим причинам композиционные колодки на локомотивах не применяют. На грузовых вагонах их используют исключительно на среднем режиме.

Широкое распространение композиционные колодки получили на вагонах скоростных электропоездов, пассажирских вагонах и вагонах метрополитенов, что позволяет сократить длину тормозного пути и эксплуатационные расходы на их содержание.

Также на величину коэффициента трения колодки о колесо существенное влияние оказывает сила нажатия тормозной колодки К — с увеличением этой силы коэффициент трения $\varphi_к$ уменьшается. Очевидно, двустороннее нажатие тормозных колодок (см. рис. 3,б) дает более высокие значения коэффициента трения $\varphi_к$, чем одностороннее (рис. 3,а), так как давление на одну колодку при двустороннем торможении уменьшается в два раза.

Сила нажатия тормозных колодок. Безопасность движения подвижного состава зависит от величины тормозной силы. Основным способом обеспечения больших значений тормозной силы $B_т$ является увеличение суммарной силы нажатия ΣК тормозных колодок. Однако силы нажатия ΣК и, соответственно, тормозные силы $B_т$ ограничены условиями сцепления колес подвижного состава с рельсами. Для нормального торможения, когда работа тормозов сопровождается перекатыванием колес по рельсам, тормозная сила $B_т$ в любой момент времени не должна превосходить силу сцепления колеса колесной пары с рельсами $F_{сц} = 2Пψ$. Если тормозная сила $B_т$ превысит силу сцепления колесной пары с рельсами, то колеса колесной пары, заклиненные колодками, начнут скользить по рельсам и их вращение прекратится — наступит явление **юз**.

Опасность и вредные последствия юза с позиций безопасности движения состоят в увеличении тормозного пути, так как уменьшаются значения тормозной силы и сил основного сопротивления. Заклинивание колес также приводит к сильному износу рельсов и кругов катания колес колесной пары с образованием на их поверхности ползунов. В дальнейшем такая колесная пара при качении создает удары по рельсам, что отрицательно сказывается на надежности многих элементов экипажа подвижного состава и верхнего строения пути.

Во избежание юза необходимо соблюдать основное условие при торможении поезда, которое можно представить в следующем виде: $B_т \le F_{сц}$.

Основное условие при торможении также можно сформулировать следующим образом: *для предотвращения юза и обеспечения безопасности движения тормозная сила B_m колесной пары, создаваемая тормозными средствами, не должна превосходить силу сцепления колес колесной пары с рельсами.*

При создании условий для возникновения юза конкретной колесной пары восстановление качения колес по рельсам осуществляют с помощью специальных противоюзных устройств, предназначенных для автоматического прекращения юза в момент его возникновения.

Электрическое торможение локомотивов. Как отмечалось ранее, электрические системы торможения локомотивов подразделяются на электродинамические и электромагнитные рельсовые (см. рис. 1)

При **электродинамическом торможении** кинетическая энергия движущегося поезда в тяговых электродвигателях локомотива преобразуется в электрическую. В этом случае электродвигатели работают в генераторном режиме и вырабатывают электрический ток.

При реостатной системе торможения, которой оборудуются все современные тепловозы с электрической передачей и электровозы, электрическая энергия поглощается тормозными резисторами, преобразуется в них в тепловую энергию и рассеивается в окружающую среду путем принудительного охлаждения резисторов.

При рекуперативной системе торможения, которой оборудованы многие единицы электроподвижного состава, электрическая энергия возвращается в контактную сеть. На отдельных сериях электропоездов применяют системы комбинированного (рекуперативно-реостатного) торможения. Этот вид электрического торможения локомотивом характерен тем, что с изменением (уменьшением) скорости движения последовательно применяют вначале рекуперативное, а затем и реостатное торможение.

Применение электродинамического торможения локомотивов позволяет:

- уменьшить износ тормозных колодок и бандажей колес;
- повысить безопасность движения поездов вследствие наличия на локомотивах дополнительной (электрической) системы торможения;
- увеличить скорости движения поездов на затяжных спусках;
- уменьшить затраты на содержание основной (механической) системы торможения;
- применить автоматическое регулирование режимов торможения, что дает наибольший эффект в поездах метрополитена и пригородного сообщения, а также при скоростном и высокоскоростном движении.

Основным недостатком электродинамического торможения при локомотивной тяге является реализация тормозного эффекта только *движущими осями* локомотивов.

Применение подобных систем торможения на подвижном составе также связано с ростом температуры нагрева обмоток тяговых электрических машин и увеличением веса локомотивов из-за применения специальных тормозных реостатов. Усложняются электрооборудование и системы управления работой силового оборудования электроподвижного состава.

Электродинамическое торможение локомотивов является вспомогательным тормозом и применяется наряду с колесно-колодочным или дисковым тормозом и другими системами торможения.

При реостатном торможении для обеспечения генераторного режима работы тяговых электродвигателей (ТЭД) локомотива применяют системы независимого возбуждения или самовозбуждения.

На современных поездных тепловозах с электропередачами, оборудованных системами электрического реостатного торможения (2ТЭ116У, ТЭП70БС, 2ТЭ70, 2ТЭ25КМ, 2ТЭ25АМ и др.), применяют системы *независимого возбуждения* ТЭД при их работе в генераторном режиме. Питание обмоток независимого возбуждения двигателей при электрическом торможении осуществляется от тягового генератора тепловоза.

Регулирование величины тормозной силы производится, в основном, регулированием напряжения тягового генератора, подаваемого на обмотку возбуждения ТЭД и, соответственно, величины магнитного потока двигателей.

Реостатное торможение при последовательном возбуждении тяговых электродвигателей, т.е. с их самовозбуждением, широко используется на электроподвижном составе постоянного тока. При торможении тяговые электродвигатели электровоза отключают от контактной сети и замыкают на тормозные резисторы. Переход тяговой машины электровоза в генераторный режим происходит благодаря сохранившемуся в ней магнитному потоку (остаточному магнетизму).

Реостатное торможение при последовательном возбуждении тяговых электродвигателей отличают относительная простота устройства и независимость от работы контактной сети. К недостаткам этого вида электрического торможения ЭПС следует отнести заметную задержку начала эффективного торможения, так как в начальный период работы (1 — 2 с) остаточный магнетизм в магнитной системе ТЭД невелик.

Физическая природа образования тормозной силы $B_т$ при электрическом реостатном торможении локомотивов та же, что и при создании касательной силы тяги локомотивов с электрическим приводом колесных пар. Основные различия состоят в том, что потери энергии в электрической передаче тепловоза или ТЭД электровозов увеличивают значение тормозной силы и тормозной эффект, так как электромагнитная сила при торможении направлена в сторону, противоположную движению локомотива, вследствие того, что ток якоря ТЭД поменял направление по сравнению с тяговым режимом.

Необходимо отметить, что одновременное применение электрического и колесно-колодочного тормозных систем на локомотивах не допускается из-за возможной блокировки их колесных пар и образования юза.

Рекуперативное торможение применяется на железных дорогах для поддержания постоянной скорости ЭПС на затяжных спусках с уклонами круче 4 — 6 ‰, а также для снижения их скорости. Регулирование скорости движения поезда при рекуперативном

торможении может быть осуществлено теми же способами, как и при тяговом режиме: изменением магнитного потока или схемы соединения тяговых электродвигателей; введением в силовую цепь ЭПС резисторов и др.

Одним из основных условий для реализации рекуперативного торможения является превышение ЭДС (Е) тяговой машины над подведенным от контактной сети напряжением $U_{кс}$, т.е. $E > U_{кс}$. Только в этом случае обеспечивается движение электрической энергии от локомотива в контактную сеть. Также рекуперативное торможение невозможно при отсутствии потребителей энергии контактной сети (других локомотивов). Другими словами, на участках постоянного тока при движении поезда на спуске применение рекуперативного торможения электровозом возможно при условии, что одновременно навстречу движется поезд, ведомый электровозом в режиме тяги. Теоретически можно оборудовать тяговые подстанции постоянного тока инверторами, преобразующими постоянный ток в переменный, и передавать электрическую энергию другим потребителям.

Рекуперативное торможение на тепловозах с электрической передачей не применяют из-за отсутствия энергоемких аккумуляторов относительно небольших габаритных размеров и веса.

К недостаткам рекуперативного торможения также следует отнести то, что возможностью работы тягового электродвигателя в рекуперативном режиме обладают только тяговые машины постоянного тока с параллельным или независимым возбуждением. В этой связи на отечественных электровозах применяют систему рекуперативного торможения с противовозбуждением возбудителя, т.е. дополнительно устанавливают специальные генераторы-возбудители и используют специальные электрические схемы. В результате получают мягкие характеристики тяговых электродвигателей при работе электровоза в режиме рекуперации электроэнергии.

Тормозные характеристики отечественных электровозов и электропоездов при рекуперативном торможении приведены в Правилах тяговых расчетов для поездной работы. На тормозных характеристиках при рекуперативном торможении наносят ограничения: по силе тока якоря, по силе сцепления колес с рельсами, максимальному отношению тока якоря к току возбуждения для всех позиций тормозной рукоятки контроллера машиниста.

Скорость движения электровозов и электропоездов в режиме рекуперации регулируется теми же способами, что и в тяговом режиме — изменением схемы соединения ТЭД; регулированием величины магнитного потока ТЭД и введением в силовую цепь резисторов.

Электромагнитные рельсовые тормоза. Тормозная сила, развиваемая в электромагнитных рельсовых тормозах, не ограничена сцеплением колес с рельсами. При использовании магнитно-рельсовой системы тормозной эффект достигается за счет силы электромагнитного притяжения к рельсам специальных стальных тормозных башмаков (рис. 8) на пружинах, подвешенных к боковым балкам рамы тележки локомотива или вагона.

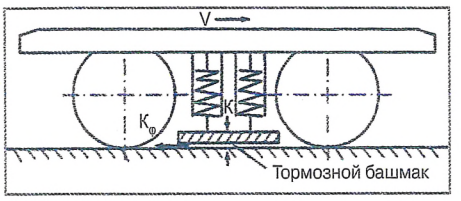


Рис. 8. Схема магниторельсового тормоза

Тормозные башмаки имеют направляющие, обеспечивающие их вертикальное перемещение относительно боковин рамы тележки, и обмотки возбуждения (индукционные катушки). Вертикальные перемещения тормозных башмаков на расстояния 140 — 150 мм до головки рельса осуществляются с помощью пневматических цилиндров, расположенных на раме тележки. При питании индукционных катушек башмаков током от аккумуляторной батареи создается магнитный поток, охватывающий сердечник тормозного башмака и рельс — башмаки притягиваются к рельсам, и возникает тормозная сила $B_{тм}$.

В современных конструкциях магнитно-рельсовых тормозов локомотивов сила прижатия тормозного башмака к рельсу достигает величины 100 кН. Возврат тормозного башмака в нерабочее положение (140 — 150 мм до головки рельса) осуществляется за счет силы затяжки пружин. Длина одного тормозного башмака составляет от 1 до 1,4 м, а вес (в зависимости от его длины) — в пределах 200 — 260 кг.

Магнитно-рельсовой системой торможения были оборудованы тележки вагонов отечественного скоростного пассажирского электропоезда «Невский экспресс» и скоростного поезда «Аллегро». На каждой тележке расположены по два тормозных башмака, управление работой которых двойное: из кабины машиниста от тормозного контроллера и индивидуальное в каждом вагоне поезда.

Магнитно-рельсовый тормоз на скоростных электропоездах является вспомогательным и дополняет типовой механический дисковый тормоз поезда. Его использование предусмотрено только при экстренном торможении при движении электропоезда в диапазоне скоростей от 170 до 30 км/ч, что позволяет уменьшить тормозной путь примерно на 50 м. Недостатком магнитно-рельсового тормоза является заметный расход электроэнергии на его функционирование — до 6 кВт на один вагон поезда.

Вихретоковый тормоз является более совершенной системой электромагнитного рельсового торможения, так как не воздействует механически на рельсовую колею и является регулируемым. Тормозной башмак такого тормоза жестко крепится на неподрессоренной части тележки электропоезда так, что между башмаком и головкой рельса обеспечивается постоянный зазор 5 — 7 мм. При питании обмотки башмака током от аккумуляторной батареи или контактной сети создается электромагнитное поле, которое при движении электропоезда воздействует на рельсы, создавая в них вихревые токи (токи Фуко). В свою очередь, вихревые токи создают собственное магнитное поле, которое при взаимодействии с электромагнитным полем тормозного башмака создает тормозной эффект. В режиме нормальной эксплуатации вихретоковый тормоз получит питание от контактной сети.

Такие тормоза нашли широкое применение на немецких высокоскоростных электропоездах и на скоростном поезде «Сапсан» как вспомогательный тормоз. Вес тормозных башмаков одной тележки составляет 870 кг при длине 1540 мм, что в 1,7 раза больше веса тормозных башмаков магнитно-рельсового тормоза. К недостаткам вихретокового тормоза также следует отнести следующие: повышенное динамическое воздействие на железнодорожный путь из-за увеличения неподрессоренной массы тележек и обеспечение совместимости его работы и работы устройств СЦБ и связи.

В связи с развитием в нашей стране скоростного движения современные электропоезда с распределенной тягой оборудуют несколькими системами торможения, каждая из которых имеет наибольшую эффективность применения в определенном диапазоне скоростей движения и режиме торможения. Например, скоростной электропоезд «Сапсан» оборудован: электрическим рекуперативно-реостатным тормозом; пневматическим и электропневматическим дисковым тормозом с композиционными колодками; вихретоковым тормозом; стояночным тормозом с пружинным аккумулятором для удержания поезда на месте.

Каждый электропоезд «Сапсан» оборудован двумя безмасляными (без системы смазки) поршневыми компрессорами типа VV-180T с электроприводом производительностью 1750 л/мин каждый, расположенными в подвагонной части кузова 4-го и 7-го вагонов десятивагонного поезда. При выходе из строя одного компрессора второй в состоянии обеспечить тормозную и пневматическую системы всего поезда сжатым воздухом.

На пульте управления в кабине машиниста головного вагона электропоезда «Сапсан» установлен специальный тормозной контроллер. С его помощью машинист в зависимости от скорости движения задает требуемое тормозное усилие и обеспечивает служебное торможение.

При необходимости применения экстренного торможения машинист устанавливает рукоятку тормозного контроллера в положение «ЭТ» (экстренное торможение), и этот режим торможения обеспечивается одновременно электрическими и механическими системами скоростного электропоезда.

(Продолжение следует)

ЭФФЕКТ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Осенью прошлого года в хозяйстве электроснабжения Западно-Сибирской дороги произошли серьезные структурные преобразования: с 1 октября 2016 г. начала работать объединенная Западно-Сибирская дирекция по энергообеспечению. Это событие стало следствием создания единого центра электроэнергетического комплекса ОАО «РЖД», призванного повысить эффективность работы холдинга в области электроэнергетики, а также способствовать сбалансированному взаимодействию с рынком энергетических мощностей.

Стоит отметить, что эти преобразования призваны также навести порядок в технологических присоединениях потребителей. Не секрет, что за несоблюдение компанией в полном объеме требований действующего законодательства Федеральная антимонопольная служба может применить штрафные санкции.

Минувший год электроснабженцы Западно-Сибирской магистрали завершили с неплохими эксплуатационными показателями. Так, контроль состояния контактной сети станций и перегонов, ее регулировка и ремонт выполнены в объеме 4750 км при плане 4200 км, верховая диагностика контактной подвески главных путей станций и перегонов превышена на 500 км. В 2016 г. при реализации программы «Обновление оборудования и устройств хозяйства электроснабжения» было освоено порядка 600 млн. руб.

За прошлый год капитально отремонтировали почти 40 объектов на общую сумму более 350 млн. руб. Выполнено техническое перевооружение контактной сети на станции Омск-Пассажирский и перегоне Ояш — Чебула. Проведены строительно-монтажные работы на пяти объектах технического присоединения мощности. Заменены системы телемеханики на участках Новосибирск-Южный — Черепаново и Алтайская — Артышта. Построен дежурный пункт контактной сети Анжерская.

Специалисты хозяйства убеждены, что наиболее эффективный способ предупреждать нарушения безопасности движения поездов — адресная работа с подразделениями. Поэтому оперативное реагирование на возникавшие отклонения в тяговом электроснабжении позволило сибирякам снизить число отказов на 25 %.

Чем сегодня живет хозяйство электроснабжения, что стало главным для многочисленного коллектива объединенной дирекции по энергообеспечению? Прежде всего это модернизация устройств электроснабжения для гарантированного пропуска поездов повышенной массы и длины, обеспечение высоких скоростей движения.

По программе «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» на трех мостовых переходах появилось светодиодное освещение, введены в строй несколько устройств поперечной компенсации реактивной мощности. В этом году дорожным специалистам предстоит технически перевооружить более 20 объектов электроснабжения. Работы оценили в 470 млн. руб. Кроме того, используя средства инвестиционной программы «Ресурсосбережение», предполагается внедрить новое оборудование на сумму почти 190 млн. руб. И, конечно, основная задача хозяйства — сократить число отказов технических средств на 15 %.

Особая тема — использование и развитие технологий бережливого производства. Специалисты Западно-Сибирской дороги активно участвовали в подготовке положения по управлению программой проектов «Бережливое производство в ОАО "РЖД"» (распоряжение от 16.05.2016 № 887р), в организации сетевого конкурса по бережливому производству (распоряжение от 23.05.2016 № 950р).

Итоги минувшего года свидетельствуют, что программа «Бережливое производство» была поддержана, по сути, всеми подразделениями магистрали. В результате воплощены в жизнь более 700 проектов, что, по данным сибиряков, в три раза больше, чем в 2015 г. Вообще, реальный экономический эффект от реализации упомянутых проектов бережливого производства достиг 73 млн. руб. (с учетом доходных проектов).

Заслуживают внимания стимулы, побуждающие руководителей среднего звена и специалистов активно участвовать в продвижении методов бережливого производства. Не станет откровением для всех вовлеченных в эту программу, что в 2016 г. за реализованные проекты улучшений с оцененным годовым экономическим эффектом выплачены дополнительные премии из фонда поощрения, превысившие 20 млн. руб.

По итогам прошлого года общая сумма выплат участникам дорожных проектов составила 6 млн. руб. Кроме того, весной 2017 г. за реализованные проекты бережливого производства в четвертом квартале 2016 г. их участников вознаградили на сумму более 2 млн. руб.

Результаты усилий всех электроснабженцев позволили активно участвовать в сетевом конкурсе 2016 г. Все структурные подразделения подали более 190 заявок для участия в нем. В номинации «Лучшая железная дорога» Западно-Сибирская магистраль заняла итоговое второе место по сети. По результатам сетевого конкурса «Лучшее подразделение в программе проектов «Бережливое производство в ОАО "РЖД"» проект Кемеровской дистанции электроснабжения «Восстановление технических характеристик маслонаполненных вводов напряжением 110 кВ» вошел в пятерку финалистов.

Целевые показатели программы бережливого производства на 2017 г. доведены до всех подразделений. Среди приоритетных задач — получение экономического эффекта не ниже уровня прошлого года, суммарная корректировка бюджетов структурных подразделений от реализации проектов — свыше 90 млн. руб.

Особое внимание в этом году уделяют внесению изменений в нормативные документы по результатам реализации проектов бережливого производства, а также выявлению случаев необоснованного прекращения действия проектов. Подобные меры позволили на Западно-Сибирской дороге по итогам первого полугодия получить большой экономический эффект — 58 млн руб. Не в последнюю очередь заслуга в этом коллектива объединенной дирекции по энергообеспечению.

На уровне дороги неустанно стремятся повышать эффективность эксплуатационной деятельности с использованием технологий бережливого производства. Во многом этому будут способствовать реализация собственных идей и тиражирование значимых проектов, внедренных в подразделениях других дорог. Творческий подход к делу, активное совместное участие руководителей и специалистов хозяйства электрификации и электроснабжения вселяют уверенность в достижении намеченных целей.

Д.С. САФРОНОВА,
студент факультета журналистики
Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина

Читайте в ближайших номерах:

- Технические и эксплуатационные требования к перспективному ТПС
- Схема пневматического тормозного оборудования электровоза 2ЭС10 «Гранит»
- Электрическая передача тепловоза ТЭМ14
- Устранение неисправностей на электропоездах ЭД9Э
- Особенности схем электропоездов ЭД4М
- Создается отечественный дисковый тормоз
- Применение энергоустановок на топливных элементах для перспективных локомотивов
- Новый водяной насос для тепловозных дизелей

ПОМОГЛА ЛИ НАМ ЗАГРАНИЦА?

ИЗ ОПЫТА ПОСТРОЙКИ ПАРОВОЗОВ СЕРИИ Э

(Продолжение. Начало см. «Локомотив» № 7, 2017 г.)

Инж. **Ю. Л. ИЛЬИН**, г. Санкт-Петербург

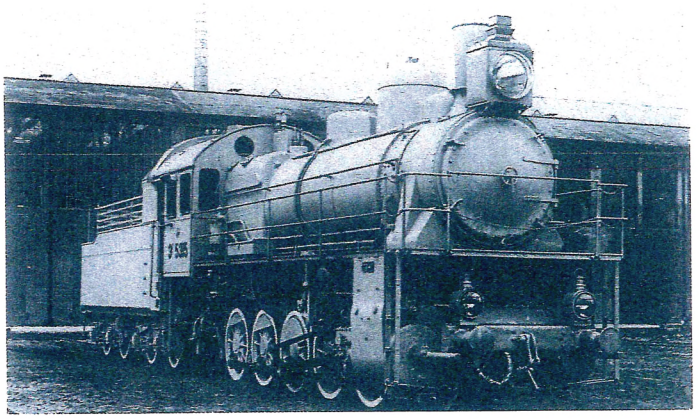
Хотя заводы-изготовители заграничных паровозов серии Э и железные дороги России находились на одном континенте, подавляющее большинство машин доставлялось морскими судами. Существовало несколько причин, почему был выбран именно такой способ перевозки, а не сухопутный транзит.

Во-первых, вплоть до 18 марта 1921 г. РСФСР и Польша, через которую мог осуществляться сухопутный транзит локомотивов, находились в состоянии войны. Позднее, после заключения с Польшей Рижского мира, по свидетельству Ю.В. Ломоносова, польские представители запросили за транзит паровозов для России слишком высокую плату, и потому от сухопутной перевозки пришлось отказаться.

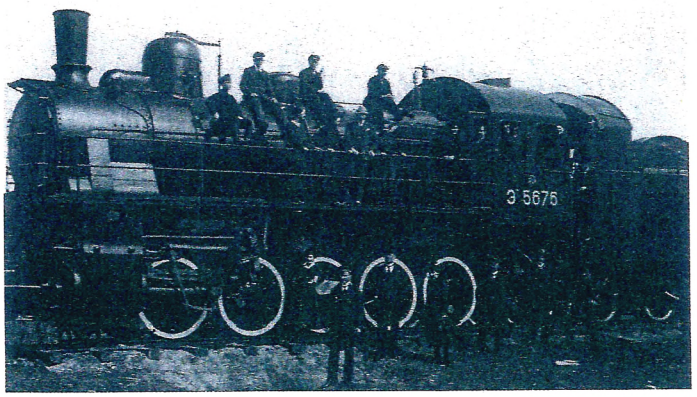
Во-вторых, против польского транзита выдвигалась такая второстепенная причина, как отсутствие депо для перестановки паровозов с одной колеи на другую на пограничных станциях с Польшей. На самом деле перестановка паровозов с колесных пар одной колеи на скаты другой возможна и на открытых площадках.

И, в-третьих (и вероятно, это главное), Ю.В. Ломоносов был заинтересован во всемерном увеличении денежных оборотов своей миссии. Морская же перевозка локомотивов позволила обосновать необходимость покупки и фрахта пароходов, их ремонта и переоборудования, а также постройки гавани в Тролльгеттане.

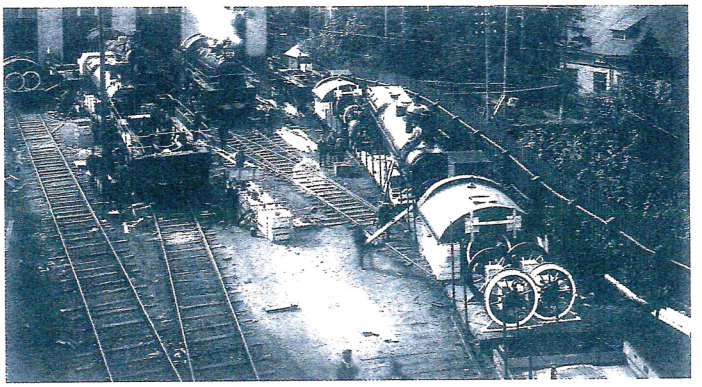
Сухопутная перевозка была применена только первых 18 паровозов, изготовленных фирмой «NOHAB» в 1921 г. Транспортировка осуществлялась двумя способами. Вначале паровозы от Тролльгеттана до Торнео перевозили на специальных колесных парах колеи 1435 мм. На финско-шведской границе в Торнео паровозы переставляли на свои



Паровоз Э^{Г} № 5315 на заводе «Карлсруэ» в Германии. Фото из коллекции И.К. Тимофеева



Паровоз Э^{Г} № 5676 завода «Ганомаг» после выгрузки в Вентспилсе (Латвия) в 1922 г. Фото из коллекции Т. Алтбергса



Разборка паровозов серии Э^{Ш} на заводе «NOHAB» для сухопутной перевозки по железным дорогам Швеции и Финляндии через Торнео. Фото из коллекции Т. Алтбергса

колесные пары широкой колеи и далее через Финляндию паровозы отправляли до Петрограда. При этом по требованию финской стороны паровозы перевозили с демонтированными котлами. Это обусловлено слабостью финских мостов и тем, что осевые нагрузки на некоторых линиях этой страны допускались не более 12 т.

Позднее для шведских паровозов был применен другой способ перевозки: экипажные части паровозов серии Э грузили на специальные транспортеры колеи 1435 мм, а на финской границе локомотивы выгружали. Далее по Финляндии они транспортировались уже на своих осях. В Выборге на экипажные части устанавливали котлы, и уже в собранном виде паровозы через Белоостров поступали в Россию.

Общий пробег от Тролльгеттана до Петрограда составлял 2734 км. При сухопутной перевозке произошло два схода паровозов с рельсов. Все это послужило поводом для Ю.В. Ломоносова и для подавляющего большинства локомотивов шведской постройки также применить морской способ перевозки.

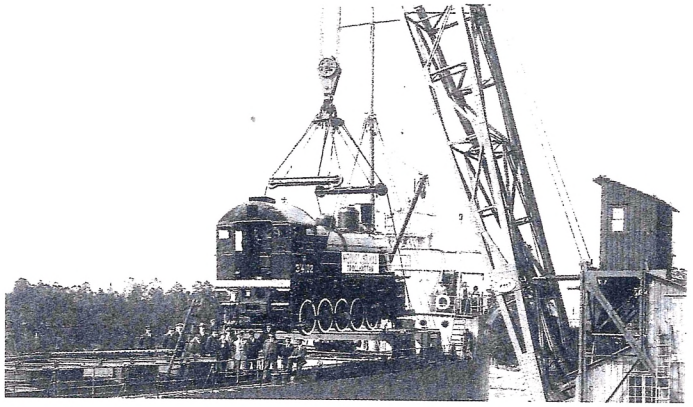
К организации морских перевозок Ю.В. Ломоносов привлек двух специалистов. Первый их них, германский инженер Проль, подобрал пригодный для этой цели пароход под названием «Один». Вторым специалистом стал российский академик А.Н. Крылов (1863 — 1945 гг.), который выполнил необходимые инженерные расчеты и организовал переделку парохода так, чтобы на нем можно было разместить паровозы с тендерами. Первая морская перевозка состоялась 24 сентября 1921 г., когда «Один» с девятью паровозами и девятью тендерами постройки завода «Henschel» вышел из Гамбурга на Петроград. Рейс прошел удачно, что позволило начать регулярные морские перевозки паровозов.

Большинство германских паровозов отправлялось через порт Гамбург. Перевозка локомотивов до этой гавани осуществлялась на транспортных колесных парах колеи 1435 мм по железным дорогам Германии. Примечательно, что при транспортировке по Германии под паровоз подкатывали лишь 4 колесные пары, а средняя ось отсутствовала. Иными словами, паровоз временно превращался в тип 0–4–0. На такую меру пошли для облегчения вписывания паровозов в кривые. Для транспортировки по железным дорогам Германии с паровозов снимали верхние части будок и контрбудок, дымовые трубы и обшивку сухопарников. Перестановку локомотивов на скаты русской колеи и их погрузку в Гамбурге осуществляла фирма «Дойче Верфт», где для погрузки паровозов Э^{Г} построили около 5 км путей широкой колеи.

Исключением из этой практики стал завод «Vulcan» в Штеттине, который имел свою пристань и использовал ее для погрузки локомотивов на суда. Здесь также построили пути колеи 1524 мм. Кроме того, завод изготовил специальную платформу-транспортер для перемещения паровозов Э^{Г} по внутризаводским путям колеи 1435 мм. Погрузка в Штеттине судов осуществлялась плавучим краном грузоподъемностью 150 т.

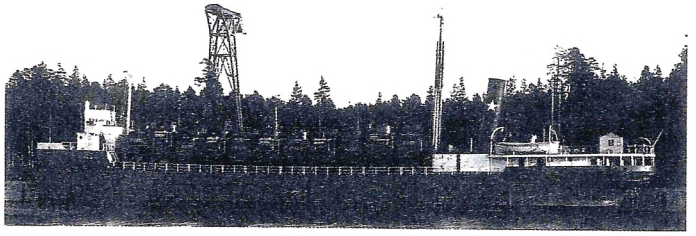
Хотя завод «NOHAB» был расположен у воды рядом с Трольгеттанским каналом, однако каких-либо причалов в этом месте не было. Поэтому паровозы стали отправлять на транспортных колесных парах колеи 1435 мм в Ландскрону, где на верфи «Эрезунд Варвет» их переставляли на колесные пары колеи 1524 мм и грузили на суда.

Ю.В. Ломоносов продолжил субсидирование шведской промышленности за счет советских денег и предоставил фирме «NOHAB» ссуду для сооружения в Трольгеттане порта и установки в нем крана для погрузки паровозов на суда. Гавань была построена в бухте Окерше. Здесь углубили до 5,5 м дно гавани, построили причальную стенку длиной 130 м, пробили в скалах выемку для прокладки железнодорожной ветви колеи 1524 мм, которая шла к заводу «NOHAB». Строительство началось с декабря 1921 г. и продолжалось до лета 1922 г. Для погрузки паровозов фирмой «Гэта-Верке» в Гётеборге был изготовлен кран грузоподъемностью 80 т, который установили и испытали в Трольгеттане в конце июня 1922 г.



Погрузка паровоза Э^{Ш} № 4102 на судно «Нибинг» в Трольгеттане. Фото из коллекции Т. Алтбергса

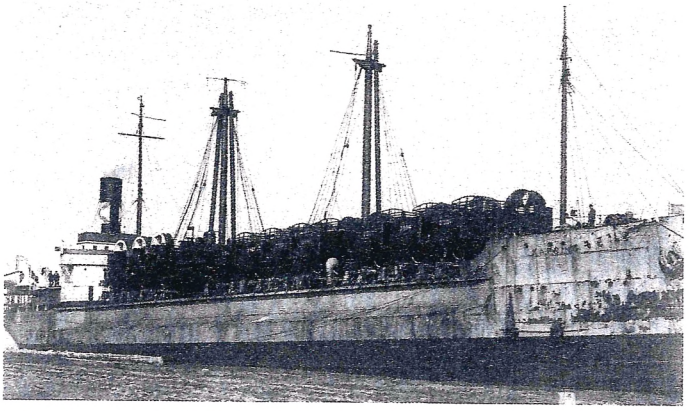
В то же время Ю.В. Ломоносов поручил А.Н. Крылову подобрать и купить еще один пароход для перевозки паровозов по Трольгеттанскому каналу в Швеции. Для этой цели был приобретен пароход «Нибинг», который 30 июля 1922 г. совершил свой первый рейс по маршруту Трольгеттан — Ландскрона. В Ландскроне локомотивы, привезенные «Нибингом», при помощи портального крана фирмы «Демаг» грузоподъемностью 75 т перегружали на другие суда, курсировавшие по Балтийскому морю. Начиная с 16 ноября 1922 г. «Нибинг» стал ходить со шведскими паровозами напрямую из Трольгеттана в Петроград.



Судно «Нибинг» с погруженными на него тендерами паровозов в Трольгеттане. Фото из коллекции Т. Алтбергса

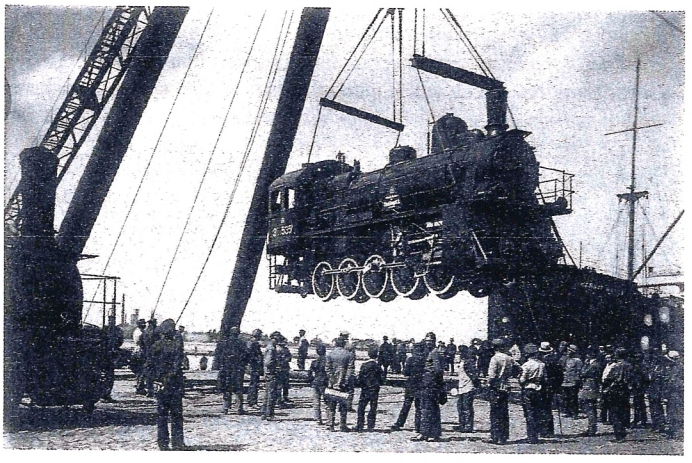
Для перевозки паровозов использовались различные суда. Пароходы «Один» и однотипные с ним «Эгирь» и «Фритьоф» представляли собой бывшие броненосцы береговой обороны германского флота. С них были демонтированы броня и все вооружение, а паровые котлы заменены дизелями. Суда принадлежали гамбургской фирме «А. Бернштейн». На теплоходах «Один» и «Эгирь» паровозы грузили на палубах, а тендеры располагали в трюмах. Первоначально фрахтом судов занималась сама железнодорожная миссия, а с июня 1921 г. по указанию Л.Б. Красина эта работа была передана фирме «Дерутра».

А.Н. Крылов, сотрудничавший с «Дерутра», организовал фрахт еще нескольких судов для транспортировки паровозов. Для этой цели использовались суда «Каприно», «Тайнмаус» и «Чалистер». Помимо фрахтовки судов, согласно постановлению Совнаркома от 23 августа 1921 г., для доставки локомотивов в Россию решено было купить пароходы. Выполнение этой задачи было возложено на А.Н. Крылова. Брокеры Браун и Дженкинсон предложили ему купить пароход «Маскинонж», что и было выполнено. Примечательно, что в момент сделки пароход с китайской командой шел с грузом пшеницы из Канады в Гамбург. Стоимость покупки судна грузоподъемностью 7800 т составила 50 000 фунтов стерлингов.



Паровозы и тендеры, погруженные на пароход «Каприно» в Вентспилсе (Латвия). Фото из коллекции Т. Алтбергса

Затем те же брокеры предложили приобрести еще один пароход, называвшийся «Мендипренж» грузоподъемностью 8020 т, который на тот момент находился на рейде в Гарвиче. А.Н. Крылов признал судно подходящим для транспортировки локомотивов, и в середине ноября 1921 г. оно было выкуплено за 52 500 фунтов стерлингов.



Выгрузка паровоза серии Э^{Г} № 5351 завода «Круп» с парохода «Мендипренж» в Латвии. Фото из коллекции Т. Алтбергса

Перечисленные выше суда были переоборудованы для транспортировки паровозов и тендеров и затем использовались для их транспортировки через Балтийское море.

Весной-летом 1921 г. решался вопрос о портах выгрузки. Самым удобным местом был признан Петроградский порт. Проблема состояла в том, что из-за сложной ледовой обстановки в зимнее время нужно было иметь резервное место выгрузки. Таким оптимальным пунктом могла стать Одесса, но по не вполне ясным причинам от нее отказались. В конечном итоге осенью 1921 г. в качестве дополнительных портов были приняты Ревель (Таллинн) и Виндава (Вентспилс). Позднее (летом 1922 г.) выгрузку локомотивов перенесли из Виндавы в Ригу.

Таким образом, заграничные порты использовались и в летнее время, когда ничто не мешало осуществлять выгрузку в Петрограде. Общая политика Ю.В. Ломоносова осуществлять максимум работ за границей проявилась и в этом вопросе тоже. Таким образом, фактически выгрузка локомотивов с судов происходила в четырех портах — Петрограде, Ревеле, Виндаве и Риге, из которых только один был российским.

(Окончание следует)



Действующий узкоколейный паровоз Гр № 185 вызвал большой интерес у гостей и участников выставки



Тепловоз ТУ10, пришедший на смену ветерану ТУ2, является основной тяговой единицей на Ростовской Детской железной дороге

«ЛОКОТРАНС-ЮГ-2017»

На Ростовской Детской железной дороге (г. Ростов-на-Дону) прошла очередная ежегодная выставка железнодорожного моделизма имени С.В. Ермоленко «СКЖД-Локотранс-Юг-2017». Выставка была организована Обществом любителей железных дорог (ВОЛЖД) при поддержке ОАО «РЖД». В работе выставки приняли участие моделисты из Москвы, Рязани, Ростова-на-Дону, Батайска, Минеральных Вод.

В зале ожидания станции Солнечная были представлены действующий модульный макет, экспозиция моделей подвижного состава, искусственных сооружений в различных масштабах. Все модели являются точными уменьшенными копиями реальных прототипов.

Выставка ожидаемо вызвала большой интерес у взрослых посетителей и восторг у детей. Во время работы выставки проводились обмен опытом и мастер-класс для юных участников кружка железнодорожного моделизма Ростовской Детской железной дороги и посетителей выставки.

Выставка «СКЖД-Локотранс-Юг-2017» в очередной раз продемонстрировала возможности железнодорожного моделизма как одного из способов развития технического творчества и сохранения исторических образцов железнодорожной техники в виде миниатюрных моделей.



Макет из 24 модулей, собранный по системе «ЛТ-Модуль», стал безусловным центром внимания выставки



До мельчайших деталей проработана модель паровоза Е^{А} (автор – П.С. Гува, г. Минеральные Воды)



Модель электровоза ВЛ19 (из коллекции С.А. Ливенцева, г. Ростов-на-Дону)



Действующая модель пассажирского электровоза ЧС2 в масштабе 1:120 из коллекции московского моделиста А.А. Недовиченко (мелкосерийное производство фирмы «Gonchar TT», г. Киев)

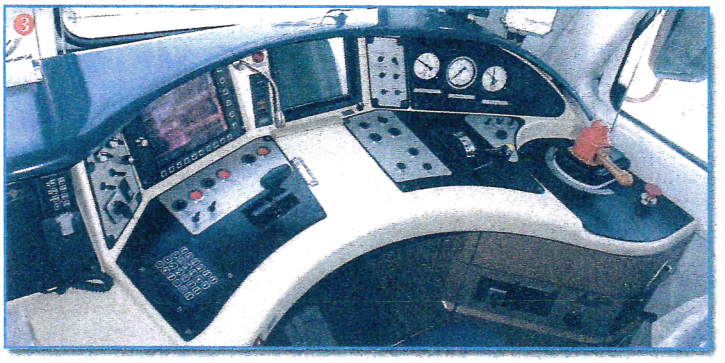


Модель электровоза ВЛ23 московского моделиста Д.С. Корчагина

Фото В.П. Ильина







ТЕПЛОВОЗ 3ТЭ25К^{2М}: ОБОРУДОВАНИЕ И УЗЛЫ

Новые тепловозы 3ТЭ25К^{2М}, построенные на Брянском машиностроительном заводе (БМЗ) для вождения грузовых поездов на Байкало-Амурской магистрали, проходят приемочные и сертификационные испытания: № 0001 — на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» и № 0002 — на скоростном полигоне Белореченская — Майкоп. При проектировании локомотива применены силовая установка GEV012 мощностью 3100 кВт, а также ранее отработанные на тепловозах БМЗ электропередача переменно-постоянного тока, микропроцессорная система управления, экипажная часть.

Используются автономный обогрев кабины, винтовой компрессорный агрегат с приводом от асинхронного электродвигателя, блок очистки и осушки сжатого воздуха. Топливная, водяная и воздушная системы спроектированы с учетом возможности эксплуатации при низких температурах воздуха. В конструкции локомотива предусмотрена возможность забора прогретого воздуха из кузова для системы питания дизельного двигателя и работы вспомогательного оборудования. В водяной системе дизеля установлен сливной клапан, защищающий двигатель от промерзания.

Вместо тормозного оборудования с обычным краном машиниста применяется комплект на основе крана с дистанционным управлением для пневматических и электропневматических тормозов и модулем тормозного оборудования МТО Е.317 с интегрированной функцией распределенного управления тормозами поезда. Другие новинки: многоступенчатая система безопасности, приборы видеонаблюдения, расширенного контроля и регистрации параметров движения, микроволновая печь и холодильник. Более подробно особенности трёхсекционного магистрального тепловоза 3ТЭ25К^{2М} представлены на с. 36 — 40 этого журнала.

На фото (слева направо, сверху вниз):

❶ тепловоз 3ТЭ25К^{2М} на путях Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»;

❷ в испытаниях участвует специалист по гарантийному обслуживанию и ремонту депо Тында А.В. Мечтанов;

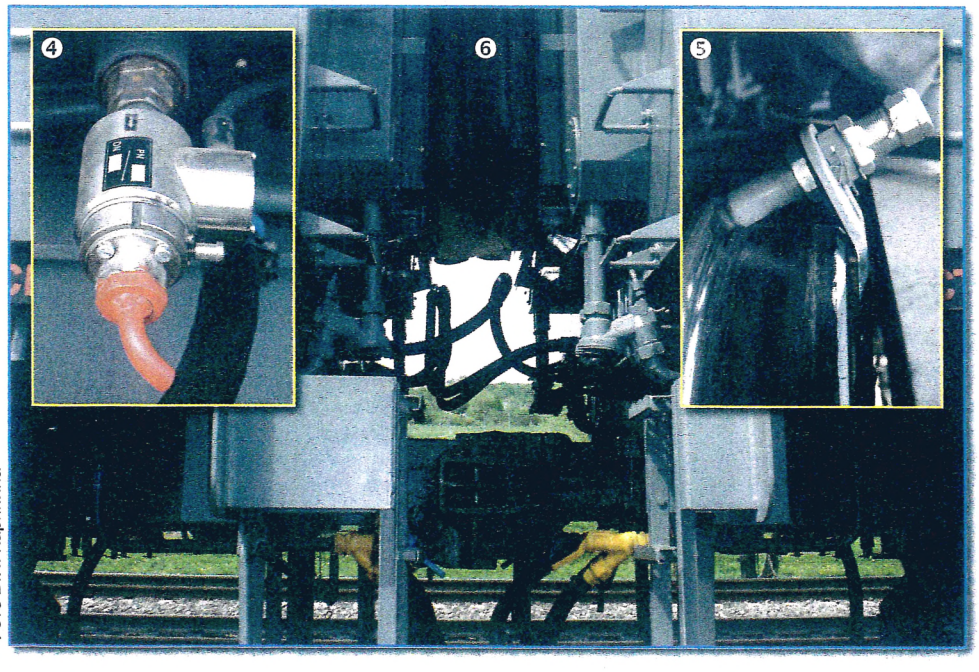
❸ пульт управления: тактильно-ситуационное расположение тумблеров и кнопок, других органов управления и средств отображения информации;

❹ вручную и дистанционно управляемый клапан сброса конденсата;

❺ графитовый гребнесмазыватель;

❻ межсекционные соединения;

❼ буксовый узел, тормозной цилиндр, пружинный комплект, гидравлический гаситель колебаний.



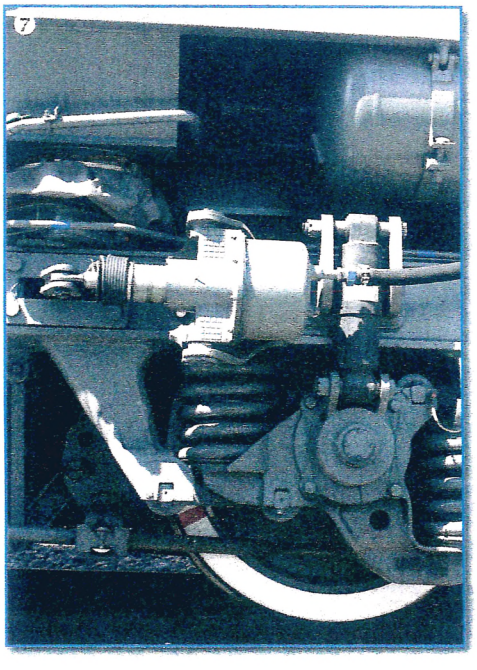


Фото В.И. Карянина