



# ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭД9Т

(Окончание. Начало см. «Локомотив» № 3, 1997 г.)

Среднее ускорение электропоезда до скорости 60 км/ч при максимальной уставке тока якоря составило 0,74 м/с<sup>2</sup> (рис. 4). Разгонные характеристики электропоезда получены на прогревом силовом электрооборудовании при минимальном коэффициенте ослабления поля 0,29 (значение по ТУ — 0,25).

Как видно из тормозных диаграмм, приведенных на рис. 5, зависимости, зафиксированные при испытаниях, отличаются от зависимостей, построенных по исходным расчетным данным. Это явилось следствием отличий в параметрах тормозных резисторов по сравнению с расчетными и того, что не было обеспечено снижение уставки тока якоря ТД при скоростях более 90 км/ч. Из диаграммы на рис. 5,б также видно, что, несмотря на уменьшение уставок тока якоря по сравнению с исходными расчетными данными (см. рис. 5,а), зафиксировано превышение тормозным усилием заданного по ТУ ограничения по сцеплению.

Среднее замедление электропоезда в положении 3Т контроллера машиниста со скорости 89 км/ч составило 0,72 м/с<sup>2</sup> (по ТУ — 0,65 м/с<sup>2</sup>) (рис. 6) при давлении в тормозных цилиндрах в процессе дотормаживания, равном 1 кгс/см<sup>2</sup>. В положении 4Т контроллера машиниста давление в тормозных цилиндрах прицепных и головных вагонов устанавливалось равным 2 кгс/см<sup>2</sup>.

Как видно из кривых рис. 6, тормозная эффективность электропоезда в положении 2Т существенно ниже по сравнению с тормозной эффективностью в положении 3Т. В связи с этим было рекомендовано на электропоездах ЭД9Т последующего выпуска ввести дополнительное положение КМ в тормозном режиме, занимающее промежуточное значение по уставке тока между вторым и третьим положениями.

Заданная в ТУ техническая скорость 70 км/ч на расчетном перегоне 3,5 км была реализована со следующими параметрами движения: время хода — 180 с, скорость конца разгона — 94,1 км/ч, путь разгона — 1204 м, время разгона — 67,4 с, скорость начала торможения — 80,6 км/ч, тормозной путь — 325 м, время торможения — 31 с.

Чтобы оценить энергетические характеристики электропоездов в условиях, близких к эксплуатационным, использу-

ют условный среднеексплуатационный режим движения, определенный на основании статистической обработки реального режима движения электропоездов в различных пригородных узлах переменного тока, имеющий следующие параметры движения: длина перегона 4,25 км, техническая скорость 54 км/ч, коэффициент загрузки вагонов  $K_3 = 1$ .

В процессе испытаний был определен расход электроэнергии на тягу в расчетном и среднеексплуатационном режимах. По усредненным пусковым диаграммам с помощью тягового расчета определялись значения потребляемой мощности с учетом потерь в силовом преобразователе и трансформаторе.

Как указывалось, обмотки возбуждения ТД электропоезда в режиме электрического торможения питаются от обмотки силового трансформатора. Расход электроэнергии в этом случае определяли подсчетом мощности, потребляемой цепями возбуждения ТД, с учетом потерь в тиристорном полупроводниковом выпрямителе.

Расход электроэнергии на собственные нужды в расчетном и среднеексплуатационном режимах движения определяли при включенных четырех вентиляторах секции и насосе трансформатора при продолжительности включения главного компрессора 30 % с учетом времени на остановки и отстой в пункте оборота в соответствии с ТУ.

Расход электроэнергии в расчетном и среднеексплуатационном режимах движения, полученный тяговым расчетом для электропоезда основной составности, представлен в табл. 2.

Результаты испытаний для определения мощности, потребляемой печами и калориферами системы отопления при напряжении в контактной сети 25 кВ, приведены в табл. 3.

Тепловым испытаниям подвергли обмотки ТД, сглаживающего реактора и силового трансформатора, тормозные резисторы и силовые диоды выпрямительной установки (ВУ).

Как показали тепловые испытания (табл. 4), нагрев элементов основного силового электрооборудования при движении в расчетном режиме в течение более 7,5 ч не превысил допустимых значений. Более того, имеется запас тепловой мощности электрооборудования, который позволяет в зависимости от условий движения уменьшать долю моторных вагонов в электропоезде.

Оптимальное соотношение моторных и прицепных вагонов электропоезда позволяет более рационально использовать подвижной состав в эксплуатации и уменьшить ка-

Таблица 2

## Расход электроэнергии в расчетном и среднеексплуатационном режимах движения

Показатели	Расчетный режим	Среднеексплуатационный режим
Расход электроэнергии, кВт ч		
на тягу	95,35	54,7
на собственные нужды	0,54	0,75
на обеспечение реостатного тормоза	0,11	0,1
общий	96	55,55
Общий удельный расход электроэнергии, Вт ч/т-км	44,02	20,98
Общий удельный расход электроэнергии, кВт/пасс км	61,65	29,38

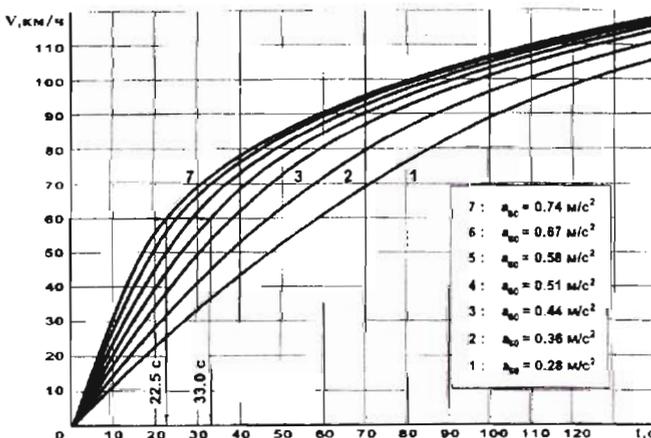


Рис. 4. Кривые движения в режиме тяги при различных положениях переключателя уставок тока якоря ТД

Таблица 3

Мощность, потребляемая системой отопления  
моторным, прицепным и головным вагонами электропоезда

	М	П	Г
Мощности целей отопления, кВт:			
электрочасти салонов	13,7	14,2	8,8
калориферы салонов	25,2	24,3	24,3
калориферы кабины машиниста:			
номинальный режим	—	—	3,7
интенсивный режим	—	—	5,3

Рис. 5. Тормозные диаграммы электропоезда  $V(V)$  и  $I(V)$ , приведенные к ободу колеса, в положении 3Т контроллера машиниста: В — тормозная сила ТД

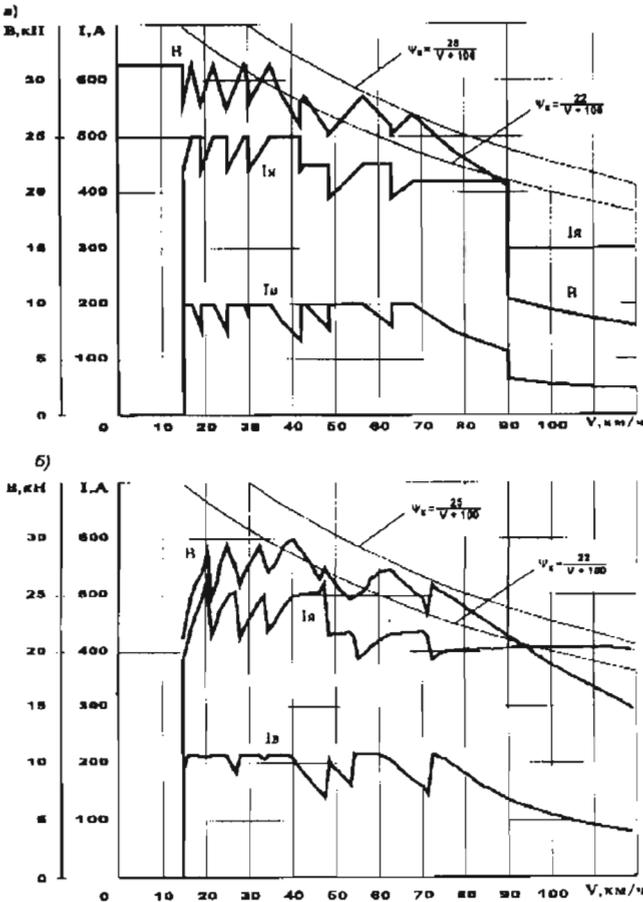
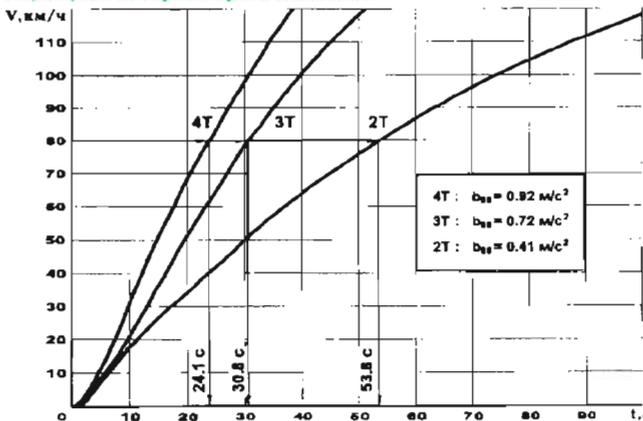


Рис. 6. Кривые движения в режиме торможения в положениях 2Т, 3Т, 4Т контроллера машиниста



питательные затраты при закупках за счет более низкой стоимости прицепных вагонов по сравнению с моторными.

Однако возможность использования поездов измененной составности должна определяться для конкретных эксплуатационных условий (график движения и оборота поездов, длины перегонов, технические скорости, профиль участка, загрузка вагонов пассажирами) и требует проведения расчетов с учетом обеспечения эксплуатационного резерва мощности электрооборудования.

Испытания по определению функциональной работоспособности электрооборудования и систем электропоезда включали: определение степени искрения при коммутации ТД; испытания защиты силовых цепей от токов короткого замыкания и замыканий на «землю»; испытания защиты при боксовании и юзе.

Как показали проверки, степень искрения ТД при скорости движения выше 100 км/ч превышает допустимую величину 1<sup>1/2</sup> балла (ГОСТ 2582—81). Видимо, это явилось, в частности, следствием несоблюдения расчетного алгоритма работы системы регулирования тока якоря в зоне скорости движения выше 90 км/ч (см. рис. 5, а).

Контроль функционирования защиты от токов короткого замыкания проводили для двух аварийных режимов: короткое замыкание тяговой полуобмотки трансформатора; короткое замыкание плеча выпрямительной установки (имитация сквозного пробоя плеча).

При коротких замыканиях тяговой полуобмотки силового трансформатора и плеча ВУ (имитации сквозного пробоя) зафиксирована штатная работа систем защиты. Во втором аварийном режиме «здоровое» плечо ВУ в достаточной мере защищено от опасных перегрузок по току.

Защиту от замыканий силовой схемы на «землю» проверяли с помощью искусственного подключения наиболее лимитирующих по чувствительности «земляной» защиты точек силовой схемы на корпус электропоезда. Как указанным точкам были отнесены (см. рис. 1): средняя точка между тяговыми двигателями ТД1 и ТД2 в режимах тяги и электрического торможения; точка Б7 («») выпрямительной установки в режиме тяги; общая точка линейных контакторов ЛК3 и ЛК4 в режиме электрического торможения; средняя точка между тормозными резисторами R34 и R36 в режиме электрического торможения.

Во всех опытах было зафиксировано срабатывание системы защиты с отключением высоковольтного выключателя.

Установлено, что примененная на электропоезде схема оперативного отключения неисправных ТД одной тележки не реализуется при пробоях на корпус из-за сохранения гальванической связи отключенной цепи с силовой схемой через тормозные резисторы и требует усовершенствования.

При проведении тепловых испытаний на моторных вагонах были установлены многочисленные срабатывания реле заземления в момент сброса тяги. В ВУ во многих местах обнаружили следы перебросов дуги по цепи шина — изолятор — охладитель. В связи с этим в дополнение к основной программе испытаний было проведено осциллографирование процессов при сбросе тяги и установлено, что в указанном режиме возникает перенапряжения на выходе ВУ с уровнем от 3,2 до 6,8 кВ.

Причиной указанных перенапряжений явилось взаимодействие помехоподавляющей цепочки R10 — C2, подключенной к общей точке линейных контакторов ЛК3, ЛК4, и сглаживающего реактора (см. рис. 1). Перенос места подключения указанной RC-цепочки к резистору ослабления поля R9 со стороны ЛК4 устранил перенапряжения.

Систему ДУКС испытывали в режиме тяги с осциллографированием токов якорей ТД, напряжений на коллекторах, сигналов срабатывания ДУКС и РБ и отключения тяги.

Таблица 4

**Режим движения и результаты тепловых испытаний  
силового электрооборудования**

Наименование параметра		Измеренная величина	Допустимая величина
Среднеквадратичный (греющий) ток в расчетном режиме движения, А	обмотки якоря и дополнительных полюсов	208,5	
	обмотка возбуждения	111,8	
	обмотка СР	313,7	
Установившиеся превышения температур обмоток ТД и СР над температурой окружающей среды	обмотка возбуждения ТД2	83	155
	обмотка возбуждения ТД4	92	155
	обмотка ДЛ ТД4	83,5	155
	обмотка якоря ТД2	71	140
	обмотка якоря ТД4	79	140
	обмотка СР	62	75
Максимальные превышения температуры элементов электрооборудования над температурой окружающей среды	пуско-тормозной резистор	216	450
	тяговая обмотка силового трансформатора	64	75
	корпус силового диода ВУ	63,6*	
	масло трансформатора	44	55

\* нормируется превышение температуры р-п-структуры над температурой окружающей среды (на основании каталожных данных для диодов ДЛ1153-1250-32, при зафиксированных в испытаниях тепловых потерях в контрольном диоде, допустимое значение максимального превышения температуры корпуса силового диода ВУ над температурой окружающей среды составляет 130 °С)

На первом этапе испытаний воздействие ДУКС на режим тяги было отключено и испытывали только РБ и РРБ с одновременной фиксацией срабатывания ДУКС. Осциллограмма на рис. 7 иллюстрирует процессы при возникновении интенсивного боксования колесной пары с ТД1 моторного вагона. При переходе с 15-й на 16-ю позицию силового контроллера через 0,5 с после начала боксования сработал канал ДУКС.

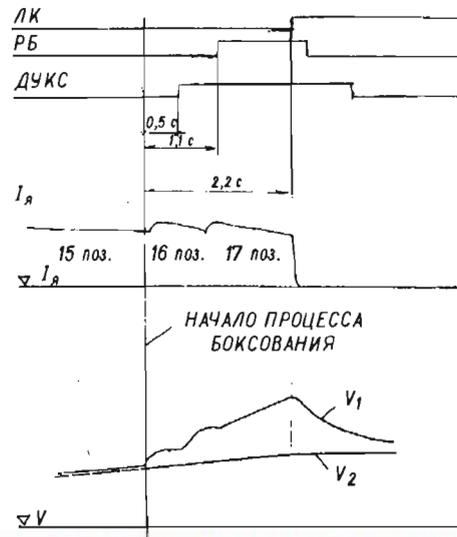
Срабатывание РБ произошло через 1,1 с, что позволило силовому контроллеру перейти на позицию 17, а РРБ — через 2,2 с. Если бы канал ДУКС был подключен к схеме управления моторным вагоном, переход на позицию 17 был бы невозможен, что, по-видимому, в значительной степени локализовало бы процесс боксования и не привело бы к разборке силовой схемы моторного вагона.

Эффективность системы ДУКС иллюстрирует также осциллограмма, приведенная на рис. 8 при неинтенсивном боксовании колесных пар без разборки силовой схемы по каналу РРБ. В указанном опыте, как и в предыдущем, фиксировали сигнал с блоков ДУКС, но провод схемы управления был отключен. Таким образом, регистрировали факт срабатывания электронного блока ДУКС без воздействия его на силовой контроллер.

На позиции 10 силового контроллера через 0,2 с после начала боксования произошло кратковременное срабатывание системы ДУКС, которое, по-видимому, не воспрепятствовало бы переходу силового контроллера на следующую позицию. Срабатывание РБ произошло через 1,6 с после начала боксования, что позволило силовому контроллеру переключиться на 12-ю позицию.

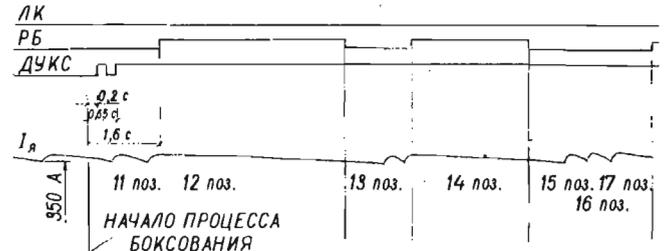
Таким образом, в описанной начальной фазе процесса боксования, если бы блок ДУКС был подключен, он не позволил бы силовому контроллеру переключиться на 12-ю позицию. В этом опыте эффективность системы ДУКС была подтверждена в связи с трехкратным отключением РБ при одновременном сохранении сигнала с блока ДУКС. В результате силовой контроллер переключался в моменты отключения РБ с 12-й до 17-й позиции. Этого не произошло бы при использовании системы ДУКС.

В целом испытания показали функциональную работоспособность как традиционной схемы защиты от боксования,



**Рис. 7. Характер протекания процессов при интенсивном боксовании колесных пар:**

ЛК — сигнал об отключении ЛК; РБ — сигнал срабатывания РБ; ДУКС — сигнал срабатывания дискретного устройства скольжения колесных пар моторного вагона; V1, V2 — скорости вращения колесных пар



**Рис. 8. Характер протекания процессов при неинтенсивном боксовании колесных пар**

так и системы ДУКС. Эффективная работа системы ДУКС частично компенсирует отсутствие на новом электропоезде системы ПВКТ. Рекомендовано разделить каналы сигнализации на пульте машиниста от РБ и ДУКС с тем, чтобы локомотивная бригада имела представление, по какому из каналов идет информация о срабатывании противобоксовочных и противоюзных средств.

Таким образом, испытания электропоезда в штатных, нештатных и аварийных режимах показали эффективность устройств защиты и работоспособность электрооборудования. При испытаниях были проверены эффективность замещения электрического тормоза электропневматическим, возможность по цепям собственных нужд работы в составности М + 2П и возможность оперативного отключения на моторном вагоне неисправных ТД одной тележки в режиме тяги.

Большинство из приведенных в статье конструктивных и схемных недостатков должно быть устранено на электропоездах последующего выпуска. Наблюдение за работой этих электропоездов продолжается.

Кандидаты технических наук  
**Б.И. ХОМЯКОВ, Ю.А. БАСОВ,**  
инженеры **А.Ю. БЕЛОКРЫЛИН,**  
**О.Н. НАЗАРОВ, Д.М. САМАРЕЦ,**  
ВНИИЖТ  
**Л.А. КАШНИКОВ,**  
АО «Демидовский машиностроительный завод»

7/97  
МАССОВЫЙ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ  
ЖУРНАЛ



4/3. ПОГАШЕНО  
ФИЛИАЛ 1/5

# ЛОКОМОТИВ

ISSN 0869-8147

## В НОМЕРЕ:

Выпущен первый  
русский  
скоростной  
электровоз

Прошел съезд  
отраслевого  
профсоюза

Устранение  
неисправностей  
на ЧС2 и 2ТЭ116

Электрические  
схемы ВЛ65  
и 2ТЭ10В

Трагедия  
при маневрах

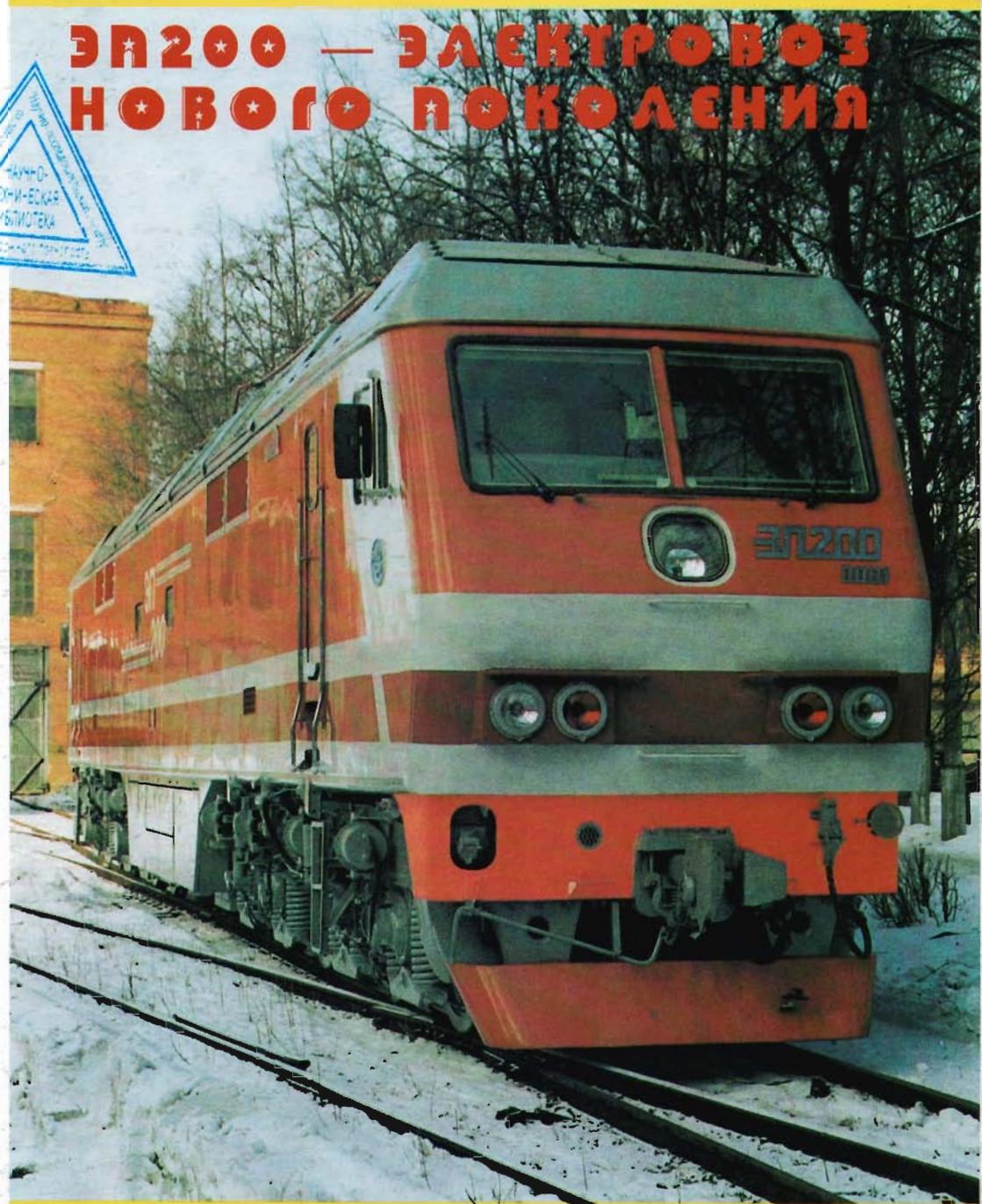
Испытания  
электропоезда ЭД9Т

Как обследовать  
контактную сеть

«Серафим» —  
локомотив  
будущего



## ЭП200 — ЭЛЕКТРОВАЗ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ



4 (2) '97

ПРИНЯТО  
ОАО «ВНИИ ЖД»