

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭР29: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Опытный шестивагонный электропоезд ЭР29 переменного тока имеет плавное тиристорное регулирование напряжения на тяговых двигателях (ТД), рекуперативное торможение и длину вагонов 21,5 м. После завершения в 1990 г. на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа тягово-энергетических испытаний (см. «ЭТТ» № 12, 1991 г.) он был направлен в депо Фастов Юго-Западной дороги. В начале июля 1991 г. новый поезд был введен в опытную эксплуатацию с пассажирами. В публикуемой статье приводятся первые результаты его работы.

Эксплуатация электропоезда была организована по специальному трехдневному обороту с ежедневным заходом в депо. Последовательно проходя маршруты этого оборота, условно названные 1А, 1Б, 2А, 2Б, 3А, 3Б, поезд имел в рабочие дни среднесуточный пробег 480 км при средней длине перегона 4,33 км и среднетехнической скорости 59,85 км/ч (табл. 1).

Для работающих в том же обороте десятивагонных электропоездов ЭР9М, ЭР9Е средний коэффициент загрузки пассажирами составил 0,5, а средняя продолжительность стоянки на участке Фастов — Киев — 36,3 с. Шестивагонный электропоезд ЭР29 имел больший по сравнению с серийными поездами коэффициент загрузки пассажирами (примерно 0,8), а средняя продолжительность стоянки, на участке Фастов — Киев составляла 55,3 с, т. е. примерно в 1,5 раза больше по сравнению с поездами ЭР9М, ЭР9Е.

Основной объем поездной работы на поезде (114 маршрутов из 164, т. е. около 70 %) выполняли три локомотивные бригады. Всего за пультами кабин машинистов поезда на *линии* работали 32 бригады. С 3 июня по 1 декабря 1991 г. опытный электропоезд имел пробег 37,6 тыс. км.

Эксплуатационные испытания поезда ЭР29 включали наблюдение за работой основных узлов и анализ неисправностей, определение расхода электроэнергии, энергетических характеристик, а также реализуемых коэффициентов сцепления опытным электропоездом и работающими в том же графике движения серийными поездами ЭР9М, ЭР9Е.

Наряду с традиционными способами измерений использовалась методика испытаний электропоездов с применением измерительно-вычислительного комплекса (ИВК) на базе персональной ЭВМ. Этот комплекс, расположенный в вагон-лаборатории, который вцеплялся в состав испытываемых электропоездов, фиксировал время, скорость движения, пройденный поездом путь, напряжение в контактной сети, первичный ток, выпрямленное напряжение, ток 1-й и 2-й групп тяговых двигателей.

С помощью комплекса рассчитывались: полная, активная и реактивная мощности, коэффициент мощности, косинус угла сдвига между первыми гармониками тока, потребляемого из тяговой сети, и напряжения, коэффициент полезного действия, техническая скорость, расход электроэнергии на тягу и собственные нужды, возврат электроэнергии (только для ЭР29), усредненный коэффициент мощности и др.

Поскольку сравниваемые электропоезда имели различную составность, расход электроэнергии на тягу определяли не по абсолютным значениям расхода энергии, а по относительным (удельным). Удельный расход электроэнергии на тягу сравниваемых поездов определялся по формуле

$$a = A/L \cdot M, \text{ Вт-ч/т-км,}$$

где А — расход электроэнергии поездом по показанию счетчиков, Вт-ч;

L — протяженность участка или маршрута, км;

M — масса электропоезда брутто, т.

По подсчитанным для каждого маршрута движения значениям строили гистограмму распределения удельного расхода электроэнергии и определяли среднее значение этой величины (табл. 2). Маршруты, в которых были зафиксированы значительные отклонения режима движения от заложенного в расписание, исключались из анализа.

Электропоезда ЭР9М, ЭР9Е при работе по замкнутому циклу на маршрутах 1А — 3Б имеют среднее значение удельного расхода электроэнергии на тягу 23,45 Вт-ч/т-км. Соответственно, поезд ЭР29 в режиме тяги — 25,65 Вт-ч/т-км, а с использованием рекуперативного торможения — 19,5 Вт-ч/т-км.

Таким образом, новый поезд в реальных условиях эксплуатации (при среднетехнической скорости 59,85 км/ч и средней длине перегона 4,33 км) без применения рекуперативного торможения имеет больший на 9,3 % удельный расход электроэнергии на тягу по сравнению с серийными поездами ЭР9М, ЭР9Е. Средний возврат электроэнергии при рекуперации в тех же условиях движения составил 24 %.

Установлено, что увеличенный расход электроэнергии поездом ЭР29 в режиме тяги, в частности, связан со следующими причинами: большей массой тары его вагонов по сравнению с вагонами ЭР9М, ЭР9Е; повышенным сопротивлением движению опытного поезда по сравнению с серийными; отсутствием достаточного навыка у машинистов при работе на опытном поезде и неизменением установленных для него норм расхода электроэнергии; увеличенной технической скоростью для шестивагонного поезда по сравнению с десятивагонными электропоездами ЭР9М, ЭР9Е из-за более длительного времени для входа и выхода пассажиров на платформах; повышенным расходом энергии на собственные нужды.

Чтобы оценить влияние на расход электроэнергии указанных факторов в реальном графике движения с пассажи-

Таблица 1

Условия работы опытного электропоезда в Киевском пригородном узле (рабочие дни)

Маршруты движения	Пункты следования	Протяженность маршрута, км	Средняя длина перегона, км	Средняя участковая скорость, км/ч (расписание)	Средняя техническая скорость, км/ч (расписание)
1А	Ф—К—Мо—К—Ф	218,4	3,97	50,5	59,9
1Б	Ф—К—Мо—К— —Ст—К—Ф	306,2	4,31	48,2	55,4
2А	Ф—К—Ф	126,6	4,22	46,3	56,3
2Б	Ф—М—Ц—М—Ф	360,6	5,46	53,5	61,9
3А	Ф—М—Ф	206,6	5,91	58,2	66,7
3Б	Ф—К—М—К—Ф	218,4	4,04	50,6	59,6
1А, 1Б, 2А, 2Б, 3А, 3Б	В соответствии с маршрутами движения	1435,8	4,33	51,3	59,9

Примечание. Ф — Фастов, К — Киев, Мо — Мотовиловка, Ст — Стугна, М — Мироновна, Ц — Цветково

Таблица 2

Результаты статистической обработки данных удельного расхода электроэнергии по маршрутным листам (июнь — сентябрь 1991 г.)

Маршруты движения	Среднее значение удельного расхода электроэнергии (Вт-ч/т-км)		
	ЭР9М, ЭР9Е	ЭР29	
		(тяга)	(рекуперация)
1А, 3Б	25,25	27,75	19,55
1Б	22,75	25,10	20,65
2А	26,45	29,70	23,00
2Б	21,75	23,25	18,25
3А	21,95	23,60	17,65
1А-3Б	23,45	25,65	19,50

рами, были проведены контрольные поездки на опытном поезде и одном из электропоездов парка депо (ЭР9Е-590). Испытания проводили в маршрутах ЗА, ЗБ, с одними и теми же машинистами и при одной и той же составности электропоездов (2Г—П—3М). В обоих случаях в состав электропоездов включался вагон-лаборатория ВНИИЖТА.

Измерительными приборами и устройствами ИВК фиксировались: показания штатных и лабораторных счетчиков электроэнергии, продолжительность включения главных компрессоров, параметры режимов движения, коэффициент заполнения поездов пассажирами, расход электроэнергии. Системы отопления во время контрольных поездок не включали.

Анализ полученных данных позволил установить, что дополнительный расход электроэнергии на тягу за счет большей массы тары электропоезда ЭР29 равен примерно 6 %. Новый поезд по сравнению с электропоездами ЭР9Е в режиме тяги имеет удельный перерасход электроэнергии на 5,5 % из-за повышенного сопротивления движению; за счет увеличения технической скорости из-за большего времени стоянки на платформах — на 2 %; из-за повышенной продолжительности включения главного компрессора — на 0,5 %.

На рис. 1 в качестве иллюстрации приведены основные параметры движения опытного и контрольного серийного электропоездов. Из них видно, что поезд ЭР29 имеет лучшие показатели при разгоне, но худшие при выбеге и торможении. Возврат электроэнергии при рекуперации составил 30,7 %.

Проводилась также оценка энергетических характеристик для опытного и серийных электропоездов. Средний коэффициент мощности составил для поезда ЭР29 с компенсатором реактивной мощности (КРМ) в режиме тяги 0,93—0,94, в режиме рекуперативного торможения 0,79—0,80; для поезда ЭР29 без КРМ — 0,72—0,76 и 0,44—0,50 соответственно; для диодного преобразователя электропоезда ЭР9Е в режиме тяги — 0,80—0,81.

С 1991 г. за потребление реактивной энергии введены надбавки к тарифам на электроэнергию. Расчеты показывают, что надбавки составили для серийного электропоезда ЭР9Е 4 %, для электропоезда ЭР29 с КРМ и без КРМ 4,3 и 9,9 % соответственно.

Таким образом, при отсутствии на электропоезде ЭР29 устройств КРМ существенно снижается эффективность применения рекуперации, так как примерно четверть полученного эффекта от возврата в тяговую сеть рекуперированной электроэнергии теряется из-за необходимости оплачивать дополнительное потребление реактивной энергии.

Один из важнейших факторов, влияющих на эксплуатационные показатели пригородных электропоездов, — их противобоксочные свойства. Как известно, среднее расчетное

значение коэффициента сцепления  $\Psi_k$  для электропоездов описывается формулой

$$\Psi_k = \frac{A}{V+100} k,$$

где  $A$  — коэффициент, характеризующий тяговые свойства моторного вагона в зависимости от способа соединения тяговых двигателей;  $k$  — коэффициент, учитывающий колебания силы тяги при пуске моторного вагона;  $V$  — скорость поезда.

Для отечественных серийных электропоездов переменного тока коэффициент  $A$  принимается равным 22, а коэффициент  $k=1$ . При плавном тиристорном регулировании напряжения на двигателе увеличение  $\Psi_k$  оценивается коэффициентом  $k=1,15$ , т.е. на 15 % большим по сравнению со ступенчатым регулированием.

С целью сопоставления реализуемых коэффициентов сцепления в режиме тяги электропоездами ЭР29 и ЭР9Е были проведены сравнительные экспериментальные поездки без пассажиров на участке Фастов — Мироновка. Подобные замеры для пригородных поездов ранее не проводились. Как показали первые испытания, реализуемый коэффициент сцепления примерно в одних и тех же условиях эксплуатации для электропоезда ЭР29 существенно выше, чем для ЭР9Е (рис. 2).

В целом о работоспособности оборудования нового поезда можно судить по тому, что в период с апреля по ноябрь 1991 г. примерно 60 % времени электропоезд ЭР29 находился в эксплуатации с пассажирами либо в поездных испытаниях, 30 % времени простаивал в депо в результате неисправностей элементов силовой схемы, системы управления, вспомогательного оборудования и 10 % времени — простой для выполнения вспомогательных работ.

Столь значительный простой электропоезда в депо, вызванный необходимостью устранения неисправностей, вызван, главным образом, низкой надежностью элементов блока управления движением (БУД). За указанный период эксплуатации были заменены два тяговых двигателя. Трижды зафиксированы неисправности в цепях КРМ, в результате чего, начиная с сентября 1991 г., они были отключены и в дальнейшем опытный поезд работал без КРМ. Простоев из-за неисправностей механического оборудования не было.

Серьезным недостатком БУД стала неудовлетворительная работа встроенных устройств диагностики, в результате чего информация о сбоях в работе БУД (нарушение алгоритма, сбой в фазе дотормаживания, неотпирание плеч выпрямительно-инверторного преобразователя, сбой в синхронизации импульсов)

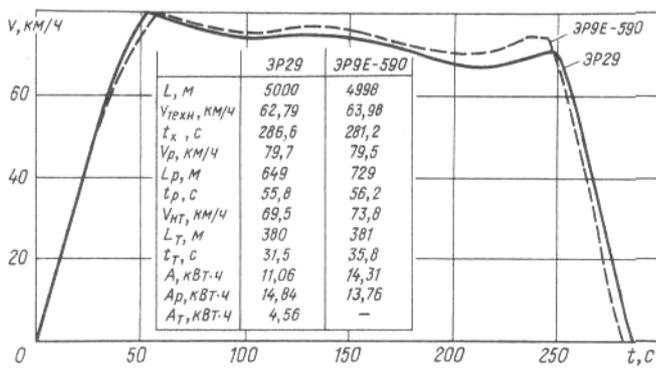


Рис. 1. Кривые движения при контрольных поездках без пассажиров электропоездов ЭР29 и ЭР9Е-590 с вцепленным вагоном-лабораторией на контрольном перегоне протяженностью 5 км:

$L$  — протяженность перегона;  $V_{техн}$  — техническая скорость;  $t_k$  — время хода по перегону;  $V_D$  — скорость конца разгона;  $L_D$  — длина разгона;  $t_D$  — время разгона;  $V_{нт}$  — скорость начала торможения;  $L_T$  — тормозной путь;  $t_T$  — время торможения;  $A$  — общий расход электроэнергии;  $A_D$  — расход электроэнергии при разгоне;  $A_T$  — возврат при рекуперативном торможении

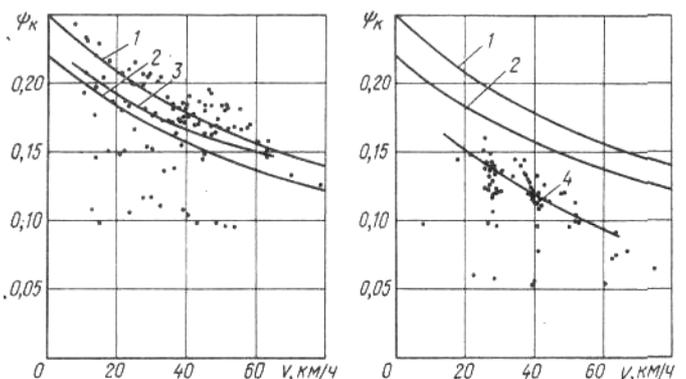


Рис. 2. Результаты испытаний по определению коэффициента сцепления для электропоездов ЭР29 и ЭР9Е-629:

1 — зависимость  $25/(100+V)$ ; 2 — зависимость  $\Psi_k = f(V)$  для моторного вагона ЭР29; 3 — зависимость  $\Psi_k = f(V)$  для моторного вагона ЭР9Е; 4 — то же для ЭР9Е

не поступала на сигнальную лампу «Преобразователь» в кабину машиниста.

В октябре было зафиксировано ухудшение состояния двигателей. Причиной этого явилось либо накопление дефектов во время всего периода эксплуатационных испытаний (многочисленные срабатывания защиты при испытаниях и наладке режимов работы силовой схемы, неисправности БУД), либо влияние на состояние двигателей режима рекуперации. Не мог не сказаться и зафиксированный однажды неудовлетворительный режим входа в рекуперацию, который сопровождался броском тока якоря двигателя и вспышкой на коллекторе (рис. 3).

В начале прошлого года на опытном электропоезде были смонтированы новые электронные блоки противоюзно-противобоксочных устройств (ППУ) ДУКС-110-4М (разработаны Ассоциацией делового сотрудничества «Норд Вест» из Санкт-Петербурга) вместо ДУКС-110-4 и новые датчики скорости типа ДС-1 (разработаны ЛатГосНИИВ). В апреле 1991 г. в рамках эксплуатационных испытаний ВНИИЖТа специалисты ЛатГосНИИВ провели испытания шести вагоно-комплектов новых ППУ, в результате которых была подтверждена их функциональная работоспособность. В целом первый опыт эксплуатации ППУ на опытном поезде показал значительно более надежную и эффективную их работу по сравнению с ППУ трех предыдущих модификаций.

В этом году заводы-изготовители начнут подготовку технической документации на электропоезд ЭР29М, в которой будут учтены выявленные в процессе эксплуатационных испытаний опытного поезда отказы в работе устройств, недостатки схемных и конструктивных решений. В основу разработки

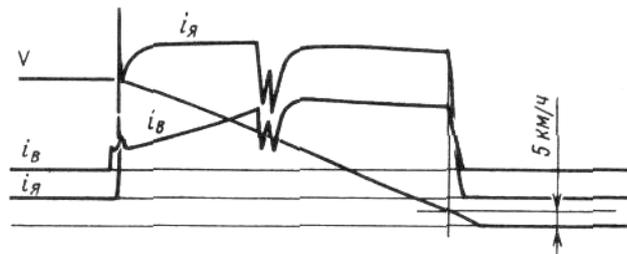


Рис. 3. Осциллограмма, иллюстрирующая процессы при рекуперативном торможении:

$V$  — скорость;  $i_я$  — ток якоря тягового двигателя;  $i_в$  — ток обмотки возбуждения двигателя

технического проекта нового электропоезда должна быть положена концепция размещения всего силового оборудования секции только на моторном вагоне. Должны быть предусмотрены устройства КРМ. Эксплуатационные испытания электропоезда ЭР29 будут продолжены.

Канд. техн. наук **Б. И. ХОМЯКОВ**,  
инженеры **С. И. МЕРКУШЕВ**,  
**О. Н. НАЗАРОВ**, **А. Ю. БЕЛОКРЫЛИН**,  
научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта



**Ежемесячный массовый  
производственный журнал**

Учредители: МПС РФ и РИТОЖ  
**МАЙ 1992 г., № 5 (425)**

Издается с января 1957 г.,  
г. Москва