

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА ЭР200

Л. В. ГУТКИН, кандидат технических наук
Д. М. САМАРЕЦ, инженер

Электропоезд ЭР200 был изготовлен заводами РВЗ и РЭЗ по техническим требованиям ВНИИЖТа. Эти требования — результат систематических многолетних исследований в области повышения скоростей движения пассажирских поездов.

После того как в 1965-1966 г. был завершен комплекс работ по определению основных параметров подвижного состава с конструкционной скоростью 200-250 км/ч, в 1967 г. было утверждено техническое задание на 14-вагонный электропоезд постоянного тока напряжением 3 кВ типа ЭР200. К реализации этой работы были подключены научные и конструкторские подразделения промышленности. В общей сложности в разработке и создании электропоезда ЭР200 участвовали коллективы более 50 научно-исследовательских институтов, проектных организаций и заводов. В результате их усилий в декабре 1973 г. опытный электропоезд вышел из ворот РВЗ.

В составе электропоезда ЭР200 — два головных и двенадцать промежуточных моторных вагонов, причем головные вагоны не имеют тягового электрооборудования. Суммарная мощность тяговых двигателей всех моторных вагонов поезда составляет 10 320 кВт. Эти двигатели используются также в режиме электродинамического реостатного торможения.

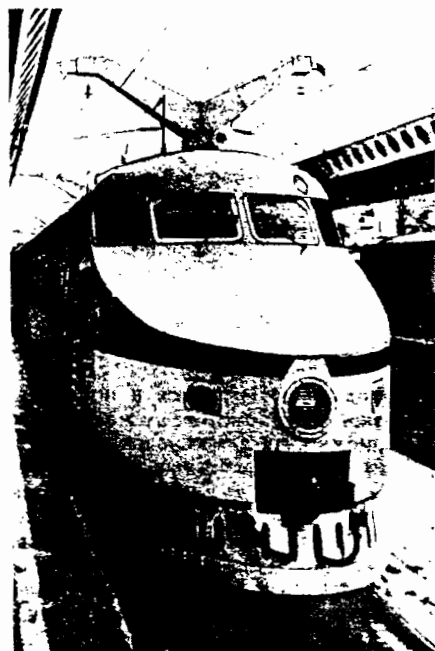
Впервые в отечественном электровагоностроении получили воплощение идеи изготовления совершенно новых тележек с пневматическим центральным подвешиванием, дисковым и магнитнорельсовым тормозами, облегченного кузова из алюминиевых сплавов с обтекаемой формой головной части, современного тиристорного регулирования тяговых двигателей в режимах тяги и реостатного торможения с электронной

противобоксовочной и противоюзной защитой, оригинального двухступенчатого автоматически регулируемого токоприемника. Предусмотрены также многозначная автоматическая локомотивная сигнализация, автоматинист, кондиционирование воздуха, информационная система в пассажирских салонах, бар-буфет и многое другое, что в то время находилось на уровне лучших зарубежных образцов.

В 1974 г. поезд поступил на скоростной полигон ВНИИЖТа Белореченская-Майкоп. Здесь после заводской наладки и обкаточных испытаний со скоростями до 200 км/ч институтом совместно с Рижским филиалом ВНИИВа и заводами-изготовителями в 1975 г. были проведены комплексные приемочные испытания. Они шли по двум основным программам: первая предусматривала исследования динамических ходовых показателей, включая воздействие на путь, вторая — изучение тягово-энергетических параметров.

В 1975 г. на перегоне Ханская-Белореченская впервые была достигнута скорость движения электропоезда 210 км/ч. Эти испытания показали, что основные тяговые и тормозные характеристики поезда соответствуют техническим условиям и по достигнутому на полигоне динамическим ходовым показателям при скоростях до 200-210 км/ч он может быть допущен к продолжению комплексных испытаний на Октябрьской дороге.

Испытания на этой дороге были проведены в 1976 г. после повторной тщательной наладки поезда с устранением отдельных дефектов, выявленных на скоростном полигоне. Чтобы обеспечить безопасность проведения испытаний, институт совместно с дорогой разработал Временную инструкцию по обеспечению безопасности движения поездов



со скоростью 200 км/ч на линии Москва-Ленинград. В последующие годы эта инструкция многократно уточнялась и дорабатывалась институтом с учетом результатов научных исследований и опыта испытаний поезда. В итоге в 1985 г. министром путей сообщения была утверждена Инструкция по техническому обслуживанию и эксплуатации сооружений, устройств, подвижного состава и организации движения на участках обращения пассажирских поездов со скоростью 141-200 км/ч (ЦТех № 4298).

Проведенные на скоростном полигоне и Октябрьской дороге комплексные испытания ЭР200 дали возможность проверить оборудование и сформулировать условия допуска поезда к эксплуатационным испытаниям на линии, в том числе к пробным рейсам с пассажирами. Они также позволили сделать научные обобщения по расчетам и проектированию не применявшихся ранее систем поезда. В числе подобных систем — тиристорное регулирование в условиях рабочих колебаний напряжения в контактной сети; двухступенчатый авторегулируемый токоприемник, который рассчитан на эксплуатацию при скоростях до 200 км/ч на участках, оборудованных компенсированными и полукompенсированными контактными подвесками с двумя контактными проводами; электронная противоюзная и противобоксовочная защита; дисковый, электри-

чески и магнитно-рельсовый тормоза; облегченный экипаж с пневматическим центральным подвешиванием и многое другое.

Были выработаны рекомендации по оптимальной величине жесткости рессорного подвешивания с использованием пневморессор усовершенствованной конструкции и пружин буксовой ступени с измененными параметрами. Обследованы условия работы и выбраны наилучшие по параметрам гидрогоасители буксовой ступени подвешивания, подобран оптимальный по моменту трения и надежности материал боковых опорных скользунов. Выбрана рациональная жесткость связей кузов-тележка в продольном направлении, обеспечивающая эффективную виброизоляция кузова.

Был сделан важный вывод о работоспособности основного оборудования поезда. Однако предстояло проверить его надежность в эксплуатации при жестком графике движения поездов на линии Москва — С.-Петербург, особенно при низких температурах воздуха, снегопаде и оттепели. Условия эксплуатации поезда зачастую были значительно тяжелее расчетных.

Первые же рейсы выявили недостаточную надежность ряда ответственных узлов, необходимость их усиления. В связи с этим по рекомендациям работников дороги, ВНИИЖТа и заводов была выполнена модернизация повреждаемого оборудования, проверены в действии вновь устанавливаемые узлы. Эта работа велась около 6 лет, а в начале 1984 г. была решена задача ввода поезда в регулярную эксплуатацию.

Особую сложность представляла проблема обеспечения его работоспособности зимой. В условиях эксплуатации оказалось, что предложенные различные варианты конструкции с использованием дополнительных экранов не спасали подвагонное электрооборудование от образования на нем снежных наледей при скоростях более 180 км/ч. А при таянии наледей изоляция электрооборудования повреждалась. По предложению института пришлось срочно перенести на крышу подвагонные резисторы и дроссели фильтра.

Была модернизирована система очистки от снега воздуха, поступающего в тяговые двигатели для их охлаждения, разработаны новые уплотнения подвагонных ящиков с тиристорным регулятором, уплотнения входных дверей вагонов. Была поставлена дополнительная защита камер быстродействующих выключателей от летящих камней, укреплены крышки машинного преобразователя. Однако проблема защиты от камней

и других предметов, поднимающихся с пути при высокой скорости движения поезда, до конца еще не решена. Пробиваются даже трубопроводы, от ударов откруваются на ходу концевые краны, обрываются межвагонные соединения. Известно, что в Японии эту проблему решают более строгим надзором за состоянием верхнего строения пути. Рабочие там не оставляют после окончания путевых работ горки щебня и незакрепленные деревянные настилы, не допускают попадания на путь посторонних предметов.

Институтом была предложена отличающаяся от штатной схема защиты машинного преобразователя при электрическом пробое на корпус обмоток его двигателя. Завод модернизировал двигатель преобразователя, что значительно повысило живучесть поезда. Модернизирован тиристорный регулятор и изменена система его охлаждения; это повысило надежность регулятора в летнее время.

Был проведен ряд мероприятий по усовершенствованию экипажной части. В частности, заменены буксовые демпферы более надежными импортными, модернизировано крепление кронштейнов тяговых поводков на алюминиевом кузове с целью усиления этого узла. По рекомендации института постоянно ведется контроль за состоянием тележек и кузовов в местах, где в связи с конструктивными особенностями возможно появление усталостных трещин. Трещины выявлены в сварочных швах кронштейнов тяговых поводков и в узле крепления подвески преобразователя к раме кузова.

Взамен монометаллических установлены более надежные комбинированные тормозные диски фирмы Кнорр-Бремзе. Разработаны специальные требования к содержанию рычажной тормозной передачи. Исследована работа и установлены причины повреждения магнитно-рельсового тормоза. Исследованы допускаемые скорости движение электропоезда ЭР200 по участкам пути, имеющим отступление II-IV степеней в плане и профиле. Это позволило сделать вывод о возможности эксплуатации ЭР200 на линиях смешанного движения без ограничения скорости на участках с отступлениями не выше III степени.

Экипажная часть электропоезда обеспечивает устойчивое безопасное движение со скоростями до 200 км/ч. Так, величина рамных сил у моторного вагона не превышает 3.5 т при допустимых 6.4 т, запас устойчивости колеса на рельсе составляет 2,0 при допустимом 1.5. Напряжение в рельсах не превышает

660 кг/см² при допустимых 2400 кг/см². В процессе эксплуатации возникают отклонения в динамических показателях, но абсолютные их значения не превышают 60-70 % допускаемых. Уровень показателей, связанных с взаимодействием поезда ЭР200 и пути, соответствует общепринятому на железных дорогах для установления допускаемой по безопасности движения скорости 200 км/ч.

Накопленный опыт эксплуатации подтвердил, что авторегулируемый двухступенчатый токоприемник гарантирует надежную работу при типовых конструкциях контактной подвески. Этот токоприемник оснащен устройством, выполняющим его самоопускание при наличии дефектов на контактной сети.

Безопасность движения обеспечивается также нормативами тормозного нажатия дисковых тормозов, автоматической локомотивной сигнализацией с контролем скорости и нормами ограждения мест внезапно возникшего препятствия на расстоянии 1800 м от него в диапазоне скоростей 160-180 км/ч и 2600 м в диапазоне скоростей 180-200 км/ч. Электрический реостатный тормоз используется как при служебном, так и при экстренном торможении краном машиниста.

Комплекс устройств обеспечения безопасности движения со скоростями до 200 км/ч — многозначная локомотивная сигнализация с автоматическим регулированием скорости (АЛС-200) — предусматривает автоматическое снижение скорости или остановку поезда в зависимости от свободности пути перед поездом при приближении к запрещающему сигналу. Это совершенно необходимо для безопасного движения на линии со смешанным высокоскоростным пассажирским и грузовым движением.

В задачу эксплуатационных испытаний входила также проверка допустимости встречного движения грузовых и обычных пассажирских поездов с идущим по соседнему пути электропоездом ЭР200. Экспериментально было установлено, что в этом случае не наблюдается никакого опасного воздействия воздушной волны ни на окна кабин машинистов и вагнов обоих поездов, ни на грузы, в том числе сыпучие, встречных грузовых поездов.

Было признано необходимым провести корректировку условий пропуска и режимов работы электропоезда, порядка его служебных осмотров и случайных ремонтов в пути следования, экипировки и подготовки в рейс, технического обслуживания и плановых ремонтов.

Эксплуатацию электропоезда осуществляют работники локомотивного депо Ленинград-Пассажирский-Московский Октябрьской дороги. Электропоезд обслуживает локомотивная бригада из трех человек — машиниста, помощника машиниста, имеющего права управления, и сопровождающего поезд машиниста-инструктора.

Коммерческие пассажирские рейсы электропоезда ЭР200 начались 16 ноября 1979 г. в соответствии с протоколом комиссии локомотивного хозяйства научно-технического совета МПС. До начала регулярной эксплуатации электропоезда совершил на линии С.-Петербург-Москва серию экспериментальных технических рейсов без пассажиров и 24 пробных коммерческих рейса с пассажирами по специальному назначению.

Регулярная эксплуатация электропоезда началась с 1 марта 1984 г. в соответствии с актом межведомственной приемочной комиссии по электропоезду ЭР200 и приказом МПС № 17/Ц «О мерах по обеспечению устойчивой эксплуатации электропоезда ЭР200 и изготовлении партии таких поездов». С марта 1984 г. по настоящее время поездом выполнено более тысячи регулярных коммерческих рейсов. Юбилейный 1000-ый коммерческий рейс был совершен 12 января 1993 г. За время регулярной эксплуатации электропоезд выполнил 707 350 поездо-км (табл.1). Отдельные головные вагоны по состоянию на 01.01.1994 г. имели от постройки пробеги до 750 тыс. км, а моторные — 680 тыс. км.

Перед началом регулярной коммерческой эксплуатации на электропоезде в числе других были проведены работы по улучшению условий проезда пассажиров и их обслуживанию в пути. В частности, заменено новым, более совершенным оборудованием баров, расширены подсобные помещения буфетов в головных вагонах, улучшено эстетическое оформление пассажирских салонов.

Началу постоянной эксплуатации электропоезда ЭР200 предшествовала разработка соответствующего графика движения. Для его пропуска один раз в неделю в светлое время суток на направлении С.-Петербург — Москва были выделены окна графика по первому главному пути, а на следующие сутки — по второму. Это было выполнено практически без существенного ущерба для других пассажирских и грузовых поездов.

Допускаемые скорости движения по перегонам и станциям установлены с учетом особенностей динамики электропоезда ЭР200. Эти особенности позволяют значительно повысить скорость по сравнению с эксплуатируемыми на дороге электровозами и пассажирскими вагонами обычного типа. В пологих кривых радиусом 1000 м и более скорость движения рекомендовалось увеличить до значений, соответствующих непогашенному ускорению $1,0 \text{ м/с}^2$. Это означает, что при возвышении наружного рельса 100 мм скорость 200 км/ч допускается в кривых радиусом 2000 м и более.

Службой пути Октябрьской железной дороги был выполнен ряд первоочередных работ по улучшению состояния пути. Первое и главное требование — исправление пути в местах с лимитирующими ограничениями скорости по длительным неграфиковым предупреждениям. Большинство из таких ограничений связано с износом стрелочных переводов, ограничивающим скорость до 60-100 км/ч. В связи с этим потребовалась замена стрелочных переводов на 9 станциях по первому главному пути и на 7 станциях — по второму.

Помимо оценки состояния пути, при назначении скоростей движения электропоезда ЭР200 принимались в расчет такие факторы, как состояние контактной сети и системы энергоснабжения в целом, а также тормозные свойства электропоезда с учетом расстояний между сигналами при оборудовании участков числовой и частотной системами авто-

матической локомотивной сигнализации.

В результате институтом рекомендовано установить для электропоезда ЭР200 скорость движения 200 км/ч на всех прямых участках пути, где введена в эксплуатацию частотная многозначная система автоматической локомотивной сигнализации (АЛС 200) и пассажирским поездам с электровозами разрешена скорость 160 км/ч. На участках, где сохраняется числовая система АЛСН, максимальная скорость ЭР200 снижается до 180-160 км/ч в зависимости от суммарной длины двух смежных блок-участков.

Для обеспечения надежности электрооборудования разгон электропоезда до скорости 140 км/ч осуществляется с током тяговых двигателей 300 А, а в диапазоне скоростей 140-200 км/ч — с током 400 А. Все регулировочные торможения выполняются в основном электрическим реостатным тормозом с током тяговых двигателей 300 А, и лишь при необходимости усиления тормозного эффекта в дополнение к реостатному применяется электропневматический тормоз.

В 1984 г. для электропоезда ЭР200 была проложена нитка в общем графике движения поездов всех категорий с временем хода от С.-Петербурга до Москвы (Т_{гр}), равным 4 ч 59 мин. Это сделано исходя из условия, чтобы время нахождения пассажира в пути было не более чем при поездке самолетом с пересадкой на автобусы при следовании из центра С.-Петербурга в центр Москвы. В расписании движения первых рейсов ЭР200 была предусмотрена 10-минутная техническая остановка в середине маршрута на станции Бологое для контроля состояния токоприемников вагонов и при необходимости для устранения повреждений.

Согласно тяговым параметрам электропоезда и параметрам пути на линии минимальное расчетное время хода (Т_{тех}) составило 4 ч 41 мин, а расчетный эксплуатационный запас времени хода (Т_з) — разница между Т_{гр} и Т_{тех} — всего 8 мин. Практически выдержать заданное Т_{гр} при столь малом Т_з оказалось невозможным, поскольку фактические задержки электропоезда по разным причинам суммарно превышали 8 мин. Попытки форсировать для нагона тяговый и тормозной режимы приводили лишь к ухудшению технического состояния оборудования. Вместе с тем токоприемники на всем маршруте следования за 5,0 ч не

Таблица 1

Работа электропоезда ЭР200

Год	Пробег, тыс. поездо-км	Время хода по расписанию, ч. мин
1984 (9 мес.)	57,2	4,59
1985	124,8	4,39
1986	193,7	4,39
1987	265,85	4,39
1988	344,5	4,39
1989	416,0	4,59
1990	494,1	4,59
1991	565,6	4,59
1992	635,2	4,59
1993	707,35	4,59

Таблица 2

Год	Т _{гр} , ч. мин	Число поездов с опозданием более 10 мин	Средний за год расход электроэнергии, Вт·ч, т.км
1988	4,30	31	37,65
1992	4,59	4	31,04

имели повреждений, и поэтому уже в марте 1984 г. техническая остановка для их осмотра была отменена. Благодаря этому время $T_{тех}$ уменьшилось до 4 ч 39 мин, а T_3 увеличилось до 20 мин. Это несколько стабилизировало условия эксплуатации.

После частичного усиления системы электроснабжения линии (в ряде зон были повышены уставки максимальной токовой защиты, проведена замена несущего троса), а также улучшения состояния пути допускаемые скорости на отдельных перегонах и стрелках были увеличены. В результате в 1985 г. удалось снизить время $T_{тех}$ до 4 ч 29 мин и в 1986 г. — до 4 ч 25 мин.

В последующие 1987-1988 гг. был введен ряд участков с капитальным оздоровлением пути и максимальными скоростями движения 180 и 200 км/ч. К концу 1987 г. суммарная протяженность участков линии, где допускалась скорость 200 км/ч, составляла около 300 км (46 % общей длины маршрута), а 180 км/ч — 150 км. Благодаря этому величина $T_{тех}$ была снижена до рекордно низкого значения 4 ч 20 мин. Однако величина $T_{гр}$ была установлена равной 4 ч 30 мин (T_3 уменьшено до 10 мин) без учета сезонного увеличения количества предупреждений об ограничении скорости движения. В результате число опозданий в эти годы возросло в 20-30 раз по сравнению с 1986 г.

Для стабилизации эксплуатации в 1989-1993 гг. $T_{гр}$ вновь было увеличено до 4 ч 59 мин. В 1992 г. $T_{тех}$ составляло 4 ч 35 мин, а T_3 — 24 мин. Это позволило в целом стабильно выполнять расписание движения при случайных повреждениях оборудования, требовавших отключения в пути следования отдельных моторных вагонов, а также при случайных задержках движения из-за внешних факторов (следование за грузовым поездом и др.). Из табл.2 видно, что в 1988 г., когда расчетный эксплуатационный запас времени хода был равен 10 мин, количество опозданий ЭР200 было в 8 раз больше и расход энергии — на 20 % выше, чем в 1992 г.

Опыт эксплуатации показал, что если известна расчетная минимальная величина $T_{тех}$, то для электропоезда ЭР200 оптимальная величина расчетного эксплуатационного запаса времени хода на действующей линии С.-Петербург-Москва определяется из выражения $T_3 = 0,05 T_{тех} + K$, где $K = 10$ мин. Отсюда следует, что если задана величина $T_{гр}$, то требуемая для устойчивой эксплуатации электропоезда ЭР200 величина $T_{тех}$ можно определить из выражения: $T_{тех} = (T_{гр} - 10) / 1,05$, мин.

Выполненный анализ показал также, что тяговые параметры электропоезда ЭР200 при существующих технико-эксплуатационных параметрах линии С.-Петербург-Москва обеспечивают устойчивую его эксплуатацию при $T_{гр}$, равном 4 ч 59 мин. При этом достигается положительная конкурентоспособность электропоезда ЭР200 с другими видами поездов (у скоростного пассажирского поезда «Аврора» на этом маршруте $T_{гр}$ равно 5 ч 50 мин), а также с самолетами и автомобилями.

Тем не менее неоднократно высказываются пожелания сократить для электропоезда ЭР200 величину $T_{гр}$ до 4 ч 30 мин (270 мин). Однако это возможно лишь при усовершенствовании технико-эксплуатационных параметров линии С.-Петербург — Москва, которое обеспечило бы снижение расчетной величины $T_{тех}$ до $(270-10)/1,05 = 248$ мин (4 ч 08 мин), т.е. на 27 мин. Это требует в первую очередь сократить количество постоянных ограничений скорости за счет переустройства на отдельных участках плана линии и модернизации стрелочных переводов.

Регулярные пассажирские рейсы электропоезда ЭР200 между С.-Петербургом и Москвой с реализацией на отдельных участках скорости 200 км/ч, начатые в 1984 г., продолжают без перерыва до настоящего времени. Поездом перевезено более полмиллиона человек с удобным для пассажиров временем нахождения в пути около 5 ч. Заполняемость поезда постоянно близка к 100 %, популярность его среди отечественных пассажиров и иностранцев высокая. Это

достигнуто благодаря отличной организации обслуживания пассажиров в пути следования, должного технического содержания поезда, своевременного устранения случайных повреждений с их анализом и последующей модернизацией аварийных узлов работниками локомотивного депо Ленинград-Пассажирский-Московский.

Немаловажную роль в обеспечении устойчивой эксплуатации поезда играет своевременная замена изнашиваемых узлов, отслуживших свой физический срок службы. В первую очередь это относится к колесным парам, тормозным дискам, другому оборудованию экипажной части, а также к электрическому оборудованию системы управления тяговыми двигателями. Однако из-за возникших финансовых затруднений и нарушения ранее сложившихся связей депо с заводами-поставщиками своевременность пополнения требуемого запаса указанного оборудования в последнее время не обеспечивается. Вследствие этого, если ситуация не улучшится, может возникнуть необходимость снижения максимальной скорости движения электропоезда.

В заключение следует подчеркнуть, что опыт длительной эксплуатации первого образца подвижного состава типа ЭР200 в нашей стране уникален сам по себе. Он позволил разработать технические требования к высокоскоростным электропоездам, которые будут в дальнейшем строиться на заводах Российского акционерного общества «Высокоскоростные магистрали». Это общество намерено создать поезд второго поколения (ВСМ250), рассчитанный на максимальную скорость 250 км/ч с графиковым временем хода на новой специализированной линии С.-Петербург-Москва 3 ч 24 мин. Разработаны технические требования к моторвагонному электропоезду третьего поколения (ВСМ300), рассчитанному на максимальную скорость 300 км/ч и конструкционную скорость 350 км/ч. Он будет иметь графиковое время хода 2 ч 59 мин.

Разработки ВНИИЖТа оказались весьма полезными и для формулирования технических требований к локомотивному варианту высокоскоростных поездов с конструкционной скоростью 200 и 350 км/ч в рамках ведущихся в настоящее время работ по повышению скоростей движения на направлении Восток-Запад.