



*А. Н. Пшинько, д. т. н., профессор, ректор,
С. В. Мямлин, д. т. н., профессор, проректор по научной работе
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна;
М. В. Крамаренко, технический директор,
В. Н. Дузик, директор по маркетингу,
ПАО Крюковский вагоностроительный завод*

Результаты эксплуатации двухсистемных межрегиональных электропоездов на железных дорогах Украины

Без сомнения, 2012 год стал знаковым в истории отечественного железнодорожного транспорта с точки зрения качественного скачка в технологии пассажирских перевозок в межрегиональном сообщении. По итогам прошедших 5 лет можно сделать определенные промежуточные выводы о достоинствах и недостатках того или иного электропоезда с точки зрения его надежности и ремонтпригодности в эксплуатации.

В 2017 году железнодорожная отрасль Украины отмечает пятилетний юбилей эксплуатации скоростных межрегиональных двухсистемных электропоездов. Введение регулярного скоростного, а по принятой системе классификации, ускоренного (до 160 км/ч) движения стало возможным благодаря существенному обновлению парка пассажирского подвижного состава современными электро-

поездами, конструкции которых максимально учитывают специфику эксплуатации на железных дорогах Украины. Такая особенность заключается в том, что в отличие от других железнодорожных администраций, в нашей стране, практически одновременно, были введены в эксплуатацию электропоезда трех крупных производителей железнодорожной техники — южнокорейской компании HYUNDAI ROTEM, чешской

компании SKODA и отечественного предприятия ПАО «Крюковский вагоностроительный завод». Ранее авторами уже рассматривались некоторые характеристики межрегиональных электропоездов, в том числе показатели динамики, плавности хода и безопасности движения [1–4]. Характерным отличием данного проекта является то, что электропоезда должны были создаваться непосредственно для отечественного

рынка пассажирских перевозок и быть двухсистемными в плане энергоснабжения двумя видами тока (постоянным и переменным), с максимальной адаптацией для условий эксплуатации и с учетом особенностей железнодорожной инфраструктуры Украины. На рис. 1–4 приведены межрегиональные двухсистемные электропоезда различных производителей, которые эксплуатируются на отечественных железных дорогах.

По итогам прошедших 5 лет можно сделать определенные промежуточные выводы о достоинствах и недостатках того или иного электропоезда с точки зрения его надежности и ремонтпригодности в эксплуатации, так как весь приобретенный подвижной состав уже имеет не менее 1,0 млн км пробега и прошел различные регламентные виды ремонта.

Таким образом, представляется уникальная возможность выполнения предварительной экспертной оценки показателей надежности высокотехнологичной железнодорожной продукции, достаточно долгое время эксплуатирующейся в Украине.

С целью максимально объективного анализа, в данном исследовании использована общедоступная и специальная информация [5] об особенностях эксплуатации двухсистемных межрегиональных электропоездов в следующие периоды их эксплуатации:

- в начальный период;
- до пробега 500 тыс. км;
- до пробега 1,0 млн км.

ЭЛЕКТРОПОЕЗД ЕКр-1 «ТАРПАН», УКРАИНСКОГО ПРОИЗВОДСТВА — ПАО «КВСЗ»

ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» приступил к созданию межрегионального электропоезда ЕКр-1 в декабре 2010 года. Это был первый опыт завода в создании такого подвижного состава, хотя успешный



Рис. 1. Электропоезд ЕКр-1

опыт освоения серийного производства пассажирских вагонов локомотивной тяги, предназначенных для работы на скоростях 160 и 200 км/ч, предприятие получило еще в 90-х годах прошлого столетия. Кроме того, еще до начала производства электропоездов на предприятии было сконструировано и произведено несколько поездов метро с асинхронным тяговым приводом. Все это позволило специалистам ПАО «КВСЗ» взяться за такую актуальную научно-техническую задачу, как создание первого украинского двухсистемного электропоезда с эксплуатационной скоростью 160 км/ч.

Первый опытный образец был изготовлен в начале 2012 года, и уже в период с июня 2012 года

по апрель 2013 года были проведены комплексные приемочные испытания, которые проходили как в летний, так и зимний периоды во всем диапазоне эксплуатационных скоростей с максимальной апробацией всех режимов работы силового оборудования и систем жизнеобеспечения.

Специалисты ПАО «КВСЗ» в сотрудничестве с ведущими отечественными научными организациями создавали свой электропоезд на базе глубокого изучения нормативной документации, действующей в Украине. В ходе длительных приемочных испытаний опытного образца пристальное внимание обращалось именно на то оборудование, которое имело достаточно большое количество отказов на аналогичных ино-

Табл. 1. Учет результатов опытной эксплуатации электропоездов-аналогов

Электропоезд аналог	Электропоезд ЕКр-1 «Тарпан»
Перегрев тяговых преобразователей со срабатыванием защиты из-за засорения воздушных фильтров, вследствие неудачного конструктивного решения по забору воздуха из подвагонного пространства	Система забора воздуха для охлаждения тяговых электродвигателей установлена на крыше головного вагона, что исключает наличие данного недостатка
Конструкция токоприемника чувствительна к отклонениям в техническом состоянии инфраструктуры железных дорог колеи 1520 мм, конструкция демпфера полоза токоприемника обеспечивает, в основном, вертикальные перемещения	Применен токоприемник усиленной конструкции, адаптированный к условиям эксплуатации на железных дорогах колеи 1520 мм при движении со скоростями до 250 км/час
Токоприемник не оборудован датчиками и системой автоматического опускания при ударе	Токоприемник оборудован системой опускания пантографа при увеличении вертикальной нагрузки на него до регламентированного уровня
На тележках не предусмотрена система контроля нагрева букс	Каждая букса на колесной паре оборудована системой контроля нагрева с отображением реальной информации на компьютере машиниста электропоезда
Отсутствует индикация расторможенности колесных пар (отвода тормозных накладок от тормозного диска)	В каждом тамбуре вагона установлена световая индикация для контроля состояния тормозов. Информация передается на центральный компьютер управления пульты машиниста
Выход из строя (перегорание) лампы главного прожектора	Используется главный прожектор повышенной яркости со светодиодными светильниками, обладающими высоким сроком службы осветительных элементов
Неудовлетворительная прочность муфты компрессора	Используется компрессор производства компании «KNORR-BREMSE» с высокой степенью надежности в работе
Низкое расположение междвагонных соединительных кабелей относительно головки рельсов	Все междвагонные соединения расположены в зоне, обеспечивающей безопасную эксплуатацию подвижного состава

странных электропоездах. Все это обусловило внесение в конструкцию электропоезда ЕКр-1 ряда конструктивных уточнений и изменений, способствующих повышению уровня его надежности в эксплуатации.

Электропоезда ЕКр-1 (001 и 002) были введены в эксплуатацию в июне-июле 2014 года. Наиболее проблемным вопросом в начальный период их эксплуатации была надежность электрического оборудования, обеспечивающего автоматический переход с одного рода тока на другой, однако, путем модернизации отдельных узлов высоковольтного оборудования эту проблему удалось успешно решить.

ОПЫТНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ-АНАЛОГОВ

Далее приведено сопоставление основного оборудования электропоездов, которое требовало наибольшего внимания особенно в начальный период

эксплуатации на отечественных железных дорогах (на основании открытых данных по результатам публичного обсуждения). Результаты предварительного анализа по некоторым узлам и системам сведены в табл. 1.

Анализ опыта эксплуатации электропоездов аналогов позволил учесть возможные варианты конструктивной реализации технических решений и предложить наиболее подходящие, с точки зрения надежности, конструкции и избежать многих отказов оборудования в эксплуатации.

В начальный период эксплуатации у всех скоростных электропоездов имелись отказы, которые в той или иной степени могли влиять на общий уровень надежности подвижного состава.

Оценку затрат на техническое обслуживание электропоездов и поддержание их в исправном состоянии можно произвести путем сравнения расходов, понесенным заводами-изготовителями, за первые 15 месяцев эксплуатации подвижного состава (за этот период пробег каждого

электропоезда аналога и ЕКр-1 ориентировочно составил порядка $500\,000 \pm 20\,000$ км).

За этот период среднее количество различных замечаний, которое приходилось на 1 электропоезд-аналог составило 1608, на 1 электропоезд ЕКр-1 – 550.

Необходимо отметить то, что значительная часть отказов междвагонных электропоездов может быть связана с техническим состоянием инфраструктуры железных дорог, в первую очередь, низким качеством энергоснабжения на участках с переменным током 25 000 В 50 Гц. В эксплуатации достаточно часто зафиксированы случаи повышения напряжения в сети выше 29 000 В, а также сверхнормативные уровни его пульсации, которые приводили к срабатыванию устройств защиты, установленных на электропоездах, а в отдельных случаях и выходу из строя тягового оборудования. В этой связи часть отказов электропоездов возможно отнести на счет некачественного энергоснабжения, однако, учитывая то, что большую часть времени



Рис. 2. Електропоезд HRCS2

межрегиональные электропоезда эксплуатировались в одинаковых условиях, то на объективность сопоставления их надежности это не должно оказывать существенного влияния. Хотя не рассматривать фактор влияния инфраструктуры на показатели надежности электропоездов, как и любого другого подвижного состава железных дорог, невозможно в виду его значимости.

В настоящее время все электропоезда оснащены регистраторами событий («черными ящиками»), данные которых позволяют с высокой степенью вероятности определять возможные причины конкретного отказа, а, следовательно, повысить вероятность определения технических причин его возникновения.

Что касается электропоездов европейского производства, воз-

можно, потому что они эксплуатировались в менее жестких режимах и в основном на участках с постоянным током, количество отказов оборудования у них было незначительным. Учитывая, что производителю не было поручено осуществлять сервисное обслуживание данного подвижного состава, при достижении величины пробега, требующего выполнения депоовского ремонта этот подвижной состав также временно был выведен из эксплуатации для выполнения необходимых сервисных и ремонтных работ.

Безусловно, начальный этап эксплуатации любой новой техники сопровождается выявлением несовершенства примененных технических решений и характеризуется, как правило, достаточно

высоким уровнем отказов отдельных узлов и систем, что объясняется периодом приработки и является обычным при производстве высокотехнологичной техники, тем более влияния инфраструктуры и человеческий фактор также исключать не следует.

УСТАНОВИВШАЯСЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ИТОГИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВУХСИСТЕМНЫХ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ АНАЛОГОВ И ЕКр-1 В ТЕЧЕНИЕ 2016 ГОДА

2016 год стал годом устойчивой эксплуатации скоростных электропоездов на железных дорогах Украины. Пассажиропоток практически на всех направлениях значительно увеличился и в среднем составил более 80% от номинального (с учетом пассажироместности электропоездов). Были организованы новые маршруты, а на отдельных направлениях увеличилось количество рейсов. Можно констатировать, что эксплуатация межрегиональных электропоездов УЗШК выполняется стабильно и без отклонения от графика практически на всей сети железных дорог Украины.

Учитывая это, можно предположить, что этап адаптации подвижного состава производства различных компаний успешно завершился. А количество имеющихся отказов за этот период может более объективно охарактеризовать уровень надежности скоростных поездов.

Усредненные ежегодные пробеги межрегиональных электропоездов составляют [5]:

- по электропоездам аналогам — 341 500 км.
- по электропоездам ЕКр-1 — 354 540 км.

Усредненное количество отказов, по данным железных дорог, на межрегиональных электропоездах за 2016 год составило [5]:

- по электропоездам аналогам — 983 отказов;

— по электропоездам ЕКр-1 — 455 отказов.

Таким образом, для электропоездов-аналогов один отказ оборудования в среднем возникает при пробеге равном 451 км, для электропоездов ЕКр-1 при пробеге равном 760 км. Но степень отказов также бывает разная и простое сравнение не позволяет дать абсолютную оценку уровню надежности как отдельных узлов и систем, так и электропоездов в целом, потому что по степени готовности составов к эксплуатации ситуация практически равная. Несмотря на большее количество отказов у одного из производителей, степень готовности к эксплуатации у него практически стремится к 1,0, что свидетельствует о достаточно приемлемой, в какой-то степени, добротности конструкции электропоездов в целом. Но, несмотря на стабильность параметров надежности в период установившейся или постоянной эксплуатации, не следует забывать о контроле параметров надежности и на последующих этапах эксплуатации скоростных электропоездов.

ВЫВОДЫ

Итоги пятилетней эксплуатации скоростного межрегионального подвижного состава подтверждают, что относительно большей надежностью в эксплуатации и меньшими затратами на его содержание обладает электропоезд ЕКр-1 «Тарпан», разработанный и изготовленный ПАО «Крюковский вагоностроительный завод». По имеющимся в открытом доступе данным, в среднем количество отказов на этом подвижном составе в 2–2,5 раза ниже, чем на аналогичных электропоездах иностранного производства, применяемых на сети железных дорог колеи 1520 мм, при этом стоимость сервисного обслуживания в 1,5 раза меньше. Но для более корректного сопоставления количества отказов и других показателей надежности электропоездов

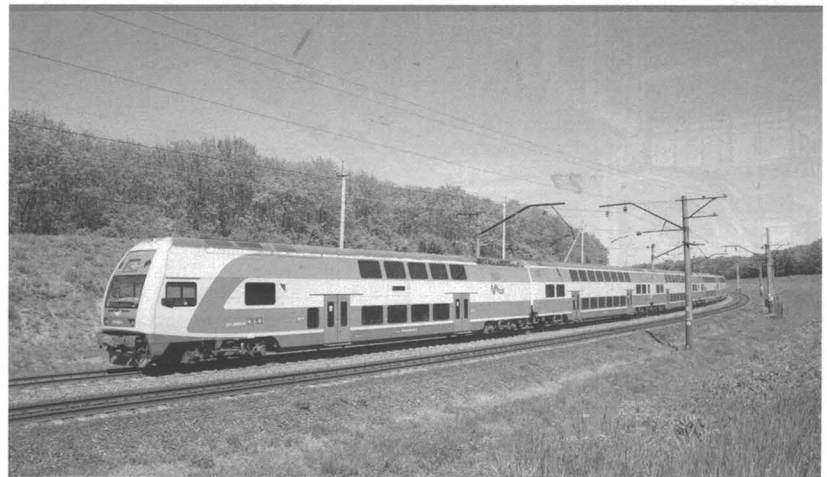


Рис. 3. Электропоезд EJ675

в эксплуатации следует оценивать и причины этих отказов, потому что не все выявленные в эксплуатации неисправности можно отнести на несовершенство конструкций. Это, как и все, что касается решения многофакторных задач, требует более достоверных исходных данных и тщательного всестороннего научного анализа.

Двухэтажные электропоезда европейского производителя на начальном этапе эксплуатации имели меньшее количество замечаний, но эксплуатировались в менее жестких условиях на участках железных дорог преимущественно электрифицированных постоянным током. Отсутствие налаженного заводом-изготовителем регулярного сервисного обслуживания данного типа по-

ездов в Украине могло сказаться на возникновении технологических перерывов в эксплуатации.

Учитывая то, что работы по определению показателей надежности межрегиональных электропоездов на протяжении пяти лет эксплуатации носили, к сожалению, эпизодический, и зачастую инициативный характер, сделать однозначное заключение о явных преимуществах того или иного технического исполнения электропоезда достаточно сложно.

Производители же всегда будут стараться не акцентировать внимание на недостатках подвижного состава собственного производства. Есть уверенность в том, что целесообразно организовать постоянный мониторинг и анализ технического



Рис. 4. Электропоезда HRC52 и ЕКр-1 в центре обслуживания скоростных поездов

состояния электропоездов и обобщение статистических данных по оценке причин отказов в эксплуатации электропоездов ЕКр1, HRC52 и EJ675. При этом обязательно следует предусмотреть участие независимой научной организации, например, ДИИТ или УкрНИИ Вагоностроение. Такие меры дадут возможность повысить качество обслуживания скоростного подвижного состава, применить передовой опыт технического обслуживания и ремонта техники иностранных производителей, а также внедрить рациональные и более эффективные технические решения для совершенствования и модернизации конструкции электропоездов. Данный подход позволит объективно и оперативно оценивать возможные причины отказов

и совместно с производителями разрабатывать рекомендации и технические решения по совершенствованию конструкций электропоездов, а, возможно, и корректировать технологию эксплуатации межрегиональных электропоездов и нормы технического содержания элементов железнодорожной инфраструктуры.

Кроме этого, имеет смысл оперативно обеспечить разработку, согласование и утверждение Технических условий на все межрегиональные двухсистемные электропоезда и дальнейшую их сертификацию на соответствие требованиям, изложенным в Технических условиях по единым критериям и параметрам, выполнить расчет стоимости жизненного цикла электропоездов (LCC) по единой утвержденной методике.

Только комплексное решение всех этих задач позволит ПАО «Укрзалізниця» осуществить научно обоснованный и экономически целесообразный выбор при реализации программы обновления парка подвижного состава для обеспечения скоростных пассажирских перевозок на железных дорогах Украины.

Локомотив

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Конструкция межрегиональных двухсистемных электропоездов производства ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» / В. И. Приходько, Е. Ф. Хворост, С. В. Лутонин, О. А. Шкабров, Г. С. Игнатов, А. Н. Пишинько, С. В. Мямлин // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : тез. 73 Междунар. науч.-практ. конф., (Днепропетровск, 23–24 мая 2013 г.) / Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2013. – С. 68–69.
2. Мямлин С. В. Оценка динамических показателей головного и промежуточного вагонов межрегионального двухсистемного электропоезда производства ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» [Текст] // Залізн. трансп. України. – 2012. – № 5. – С. 48–56.
3. Myamlin S. Study of the dynamic of inter-regional dual-system electric train of JSC "Kryukov car-building company" // Abstr. 23rd Intern. Symp. on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, 19–23 Aug. 2013, China. – Qingdao, 2013.
4. Study of the Dynamics of Interregional Dual-System Electric Train of JSC "Kryukov Car-Building Company" / Sergey Myamlin, Vladimir Prikhod'ko, Victoria Zhizhko, Vadim Duzik // 9th International Conference on Railway Bogies and Running Gears, Budapest, 9–12 September, 2013 : extended abst. – Budapest, 2013. – P. 43–45.
5. Научно-технический отчет. Эксплуатационные испытания на надежность межрегионального скоростного двухсистемного электропоезда ЕКр-1. Этап 4. Выполнение работ по проведению эксплуатационных испытаний на надежность в соответствии с программами и методиками эксплуатационных испытаний на надежность ДНДЦ. ЕКр-1. ПМ01-2014 (заключительный), 2016 год.