

**А. С. АРСЕНТЬЕВ**, Центральное конструкторское бюро морской техники «Рубин»,  
**В. М. САВВОВ**, Российское акционерное общество «Высокоскоростные магистрали»

## **Основные результаты испытаний опытного шестивагонного электропоезда «Сокол-250»**

Высокоскоростной электропоезд «Сокол-250» создан в 1993 – 2000 гг. Российским акционерным обществом «Высокоскоростные магистрали» (РАО «ВСМ») совместно с МПС России при участии нескольких десятков проектных, научно-исследовательских и производственных предприятий и организаций. Электропоезд предназначен для комфортной перевозки пассажиров на местах для сидения на расстояние до 800..900 км со скоростью до 250 км/ч по реконструированным железнодорожным магистралям колеи 1524 мм. Головной проектной организацией являлось Центральное КБ морской техники «Рубин» (С.-Петербург); опытный шестивагонный состав поезда был выпущен в середине 1999 г. ЗАО «Сокол-350» на заводе «Трансмаш» (ныне ОАО «Титран» — Тихвинский завод транспортного машиностроения) в городе Тихвин Ленинградской области.

Со второй половины 1999 г. по январь 2000 г. проводилась наладка систем и оборудования электропоезда, осуществлялся начальный этап испытаний при питании от контактной сети постоянного тока. С февраля по июль 2001 г. был проведен комплекс приемочных испытаний, по результатам которых электропоезд был рекомендован для ввода в эксплуатацию без пассажиров.

Испытания поезда «Сокол-250» проводились специалистами ВНИИЖТ, ВНИИУП, ВНИИЖГ совместно с представителями РАО «ВСМ», ЦКБ МТ «Рубин», ЗАО «Сокол-350», ЦНИИ СЭТ, депо Металлострой (ТЧ-10) Октябрьской железной дороги, ОАО «ВНИИТрансмаш», НПО «Аврора» в два этапа. Первый этап испытаний, включавший в себя опробование систем тяги и торможения, был проведен на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа. Скоростные испытания поезда «Сокол-250» проводились на главном ходу Октябрьской железной дороги — на линии С.-Петербург — Москва.

В июне 2000 г. во время опытных поездок на линии С.-Петербург — Москва на участке Калашниково — Спиридово была достигнута скорость 236 км/ч. Анализ работы всех основных систем и агрегатов поезда показал безусловную возможность достижения проектной максимальной скорости 250 км/ч и запаса по прочностным характеристикам. Однако дальнейшее увеличение скорости было прекращено по местным условиям железной дороги.

В акте межведомственной комиссии отмечено: «Результаты выполненного объема испытаний показали, что электропоезд «Сокол» по большинству показателей и характеристик соответствует требованиям технического задания».

Электропоезд «Сокол-250» (рис. 1) принадлежит к классу высокотехнологичных транспортных средств нового поколения, создание которых требует решения многих прикладных научных и инженерных задач. В России до настоящего времени не было опыта проектирования и изготовления подобного подвижного состава.



**Рис. 1. Высокоскоростной электропоезд «Сокол»**

Наиболее сложными и ответственными проблемами стали следующие: разработка в России отечественной нормативной базы для создания подвижного состава, рассчитанного на скорость движения 250 км/ч; проектирование и изготовление сварного кузова из алюминиевых сплавов; создание отечественного асинхронного тягового привода и микропроцессорных систем управления; разработка конструкции прицепных и моторных тележек, рассчитанных на скорость движения до 250 км/ч, и другие.

Как показывает практика ведущих зарубежных фирм — производителей высокоскоростного подвижного состава, цикл проектирования, изготовления и испытания опытных образцов таких поездов занимает в общей сложности 11...15 лет, причем сами испытания продолжаются не менее 4...7 лет.

Исходя из мирового опыта вполне закономерно то, что в конструкции поезда «Сокол-250», удовлетворяющей по основным параметрам требованиям технического задания, в процессе испытаний выявились отдельные конструкторские недоработки.

**Кузов вагона, центральное подвешивание.** В ходе испытаний поезда подтвердились параметры, заложенные в техническом задании для кузова вагона. Полный комплекс прочностных испытаний кузова вагона электропоезда «Сокол», подтвердивших его расчетные параметры, был проведен на стендах ЦНИИ им. академика А. Крылова еще до начала поездок опытного поезда.

Необходимый объем аэродинамических измерений был выполнен в процессе скоростных испытаний электропоезда на главном ходу линии С.-Петербург — Москва. Тесты проводились по утвержденной методике с использованием современной лабораторной базы ВНИИЖТа (специальный вагон) и замером уровня давления воздуха датчиками при различных скоростях движения поезда вплоть до 236 км/ч. Испытания показали, что аэродинамические параметры поезда превосходят проектные и лучше тех, что были получены в процессе испытаний моделей вагонов поезда в аэродинамической трубе.

Во время испытаний велась экспериментальная оценка системы центрального пневматического подвешивания вагона. На первом этапе были выявлены некоторые отклонения в работе регуляторов положения кузова (РПК). Их доработка, регулировка и повторные испытания специалистами ВНИИЖТа позволили рекомендовать повысить скорость движения электропоезда «Сокол-250» до расчетного уровня; при этом поперечное непогашенное ускорение не превышало  $0,7 \text{ м/с}^2$ .

**Прицепные и моторные тележки.** Конструкция тележек (рис. 2) поезда «Сокол» удовлетворяет требованиям, заложенным в техническом задании. Наибольшие претензии в процессе испытаний вызвало использование разработчиками проекта тележек ОАО «ВНИИТрансмаш» для изготовления рамы стали марки АБ2-2. Специалисты ВНИИЖТа поставили вопрос о прочностном ресурсе указанной марки стали, применение которой диктовалось стремлением снизить массу рамы тележек. Вопрос об усилении конструкции рамы или применении для ее изготовления стали другой марки будет решен по результатам испытания опытных образцов и экспериментальной рамы тележки в период доработки документации для изготовления серийного поезда.



Рис. 2. Тележка электропоезда «Сокол-250»

**Электротяговый привод.** Разработанный впервые в отечественной практике тяговый электропривод с асинхронными тяговыми двигателями и преобразовательным оборудованием на силовых полупроводниковых элементах последнего поколения подтвердил в процессе испытаний заданные проектом технические характеристики, в том числе в режимах разгона и электродинамического торможения поезда, по тепловому состоянию электрооборудования и расходу электроэнергии на тягу. Неоднократно проведенные испытательные поездки на маршруте С.-Петербург — Москва показали, что при одном и том же графике движения удельный расход электроэнергии на тягу электропоездом «Сокол-250» на 14,5 % меньше, чем у поезда ЭР200.

**Бортовая система управления.** Управление столь сложным транспортным объектом, как высокоскоростной электропоезд с распределенной системой тяги на основе асинхронного электропривода, возможно только с помощью микропроцессорных систем последнего поколения. В ходе испытаний в 2000 – 2002 гг. был проведен большой, уникальный по своим масштабам для отечественной практики комплекс исследований по уточнению алгоритма работы цифровой бортовой системы управления электропоездом БАСУ и ее настройки для всех режимов движения. В результате было достигнуто полное выполнение требований технического задания и подтверждена работоспособность БАСУ во взаимодействии с устройствами тягового электропривода, тормозными системами, АЛСН и другими устройствами СЦБ и связи.

# Основные результаты испытаний опытного шестивагонного электропоезда «Сокол-250»

(Окончание)

**Тормозная система поезда.** Электропоезд «Сокол-250» оборудован комплексной тормозной системой, включающей в себя механические, электропневматические, фрикционные дисковые тормоза, электродинамический режим торможения тяговыми двигателями (реостатный и рекуперативный) и рельсовые электромагнитные (РЭМ) тормоза.



Рис. 3. Подготовка электропоезда «Сокол-250» к испытаниям на Экспериментальном кольце ВНИИЖТ

Испытания (рис. 3 и 4) показали высокую эффективность и надежность электродинамического торможения и механических фрикционных дисковых тормозов прицепных тележек. Разработчики тележек вагонов поезда «Сокол» предложили оригинальную конструкцию фрикционного дискового тормоза для моторных тележек, расположив тормозной блок на высокооборотном входном валу тягового редуктора. Предполагалось, что данное инженерное решение, при котором снижалась неподрессоренная масса тележки (на колесных осях не устанавливаются тормозные диски), будет эффективно и надежно. К сожалению, испытания не подтвердили этих предположений. Разрабатываются предложения по обеспечению эффективного торможения моторных тележек с использованием РЭМ тормоза.



Рис. 4. Испытания электропоезда «Сокол-250» на Экспериментальном кольце

Электромагнитная совместимость систем поезда с напольными устройствами СЦБ и связи. Этот вопрос

представляется одним из самых сложных и несет на себе отпечаток большой проблемы смены поколения тягового электропривода и идеологии внедрения новых устройств СЦБ и связи. Известно, что в отличие от тягового привода постоянного тока и привода с использованием переменного тока и тяговых двигателей выпрямленного постоянного тока при асинхронных тяговых электроприводах значительно выше уровень внешнего влияния различных гармоник переменного тока, кратных или совпадающих с частотными сигналами, используемыми в напольных устройствах СЦБ. В промышленно развитых странах переход на тяговый асинхронный электропривод совпал по времени и со сменой поколения аппаратуры СЦБ и связи — широко начали применять системы цифрового кодирования сигналов в системах СЦБ.

В условиях, когда в России использование цифровых систем в устройствах СЦБ и связи является вопросом перспективы, к конструкции тягового электропривода, преобразователя собственных нужд и другим узлам электропоезда «Сокол» предъявляются повышенные требования с точки зрения их воздействия на напольные устройства СЦБ и аналоговой радиосвязи.

Первый цикл испытаний показал превышение уровня влияния оборудования поезда на напольные устройства СЦБ и системы радиосвязи. Разработчиками и изготовителями поездного электрооборудования был проведен комплекс мероприятий по оптимизации системы фильтров тягового электропривода, алгоритмов управления, рассмотрена возможность активной фильтрации помех на частоте 50 Гц, генерируемых приводом в тяговую сеть. Хотя в целом проблема электромагнитной совместимости (по ряду параметров) пока полностью не решена, за период опытной эксплуатации поезда в 2000...2002 гг. было найдено решение, реализация которого требует незначительного времени для осуществления на отечественных электропоездах нового поколения.

**Санитарно-техническое, вентиляционное оборудование, кондиционеры и уровень эргономического обеспечения работы поездной бригады и проезда пассажиров.** Все это в электропоезде «Сокол-250» в общем удовлетворяет требованиям технического задания. Однако по результатам проведенных испытаний были сделаны отдельные замечания по конкретным техническим решениям. Учет этих замечаний позволит сделать серийные поезда по комфортности для поездной бригады и пассажиров соответствующими современному мировому уровню.

**Продолжение испытаний.** Общий пробег поезда «Сокол-250» в опытных поездках (по состоянию на июнь 2002 г.) составил более 50 тыс. км, в том числе совершено более 10 рейсов на маршруте С.-Петербург — Москва — С.-Петербург в графике поезда ЭР200. Итоговые контрольные испытания показали, что в работе от сети постоянного тока системы и агрегаты поезда подтвердили свою работоспособность и надежность. Акт о готовности опытного шестивагонного поезда «Сокол» к передаче на эксплуатационные испытания без пассажиров подписан 25.12.2001 г.

В настоящее время осуществляется подготовка к завершению испытаний опытного поезда «Сокол-250» в режиме питания от сети переменного тока и двойного питания, а также подготовка к серийному производству. Стоимость серийного 12-вагонного электропоезда «Сокол-250», по уточненным расчетам, должна составить не более 20,4 млн. долларов США, что существенно ниже стоимости зарубежных аналогов (в том числе в пересчете на одно пассажиро-место).