

# Повышение провозной способности напряженных участков железных дорог

В.М. САЙ, проректор по научной работе УрГУПС

Е.И. ЖИРОУХОВ, заведующий научно-исследовательской лабораторией УрГУПС

**В 2006 году Уральский государственный университет путей сообщения отмечает свой пятидесятилетний юбилей. 17 ноября 1956 года министр путей сообщения Б.П. Бещеев, поздравляя коллектив УЭМИИТ с его открытием, выразил уверенность, что институт «...внесет свой вклад в дело технической реконструкции железнодорожного транспорта и, прежде всего, Урало-Сибирских магистралей». В настоящее время Уральский государственный университет путей сообщения — крупнейший вуз, выпускающий специалистов для железнодорожного и промышленного транспорта Урало-Сибирского региона, для машиностроительной, строительной, электротехнической и других промышленных отраслей экономики страны.**

Для решения актуальных проблем в университете сложились двенадцать приоритетных направлений научных исследований, среди них:

- разработка транспортно-технологических систем страны и регионов;
- моделирование сложных транспортных систем; оптимизация транспортных потоков;
- подвижной состав железных дорог: исследование и конструирование узлов и деталей подвижного состава;
- совершенствование обслуживания и ремонта; автоматизация режимов управления тормозами;

• электроснабжение на железнодорожном транспорте: исследование и конструирование систем и устройств энергоснабжения, повышение их надежности;

- система безопасности движения поездов; системы передачи информации, оптимизация технологической связи;
- конструктивные решения и методы расчетов железнодорожного пути, промышленных и гражданских зданий;
- прогнозирование деформации земной поверхности; освоение подземного пространства.

Учеными вуза исследуются также рыночные отношения на железнодорожном

ном транспорте, в промышленности; совершенствование управления железнодорожным транспортом; экономика и управление профессиональным образованием; кадровое обеспечение отрасли.

Актуальные проблемы и указанные направления в университете успешно разрабатываются двумя научными центрами, десятью научно-исследовательскими лабораториями, специальным проектно-технологическим бюро, большим числом подрядных коллективов кафедр, отдельными учеными. В железнодорожной и других промышленных отраслях Уральского региона используются инновационные проекты и многочисленные разработки научных коллективов университета.

Одной из плодотворно работающих научно-исследовательских лабораторий университета является лаборатория «Вес поезда», которая занимается разработками системы мер, направленных на повышение провозной способности напряженных участков железных дорог преимущественно за счет обращения тяжеловесных, длинносоставных и соединенных поездов. Работа в лаборатории идет по нескольким взаимосвязанным направлениям: технические средства для обеспечения вождения грузовых поездов повышенной массы и длины, новые тормозные системы, техника для исследований параметров грузового поезда в движении, контрольно-измерительная аппаратура для локомотивного оборудования, теоретические разработки по газодинамическим процессам в тормозной магистрали.

Особенно широко разработки лаборатории используются на локомотивах Западно-Сибирской железной дороги:

- система КОНСУЛ-Т — носимая система управления локомотивами телемеханическая с передачей информации по радиоканалу;
- устройство контроля целостности тормозной магистрали поезда по радиоканалу УКТМ;
- приборы-индикаторы для проверки и частичной настройки параметров радиостанций ПИ-ПРС-6, -7 непосредственно на локомотивах;



Сотрудники лаборатории у комплексного радиотехнического и пневматического стенда системы КОНСУЛ-Т

- радиоизмерительная система параметров поезда в движении (РИПС);
- микропроцессорная система управления тормозами (МИСУТ).

Разработки лаборатории имеют медали ВДНХ-ВВЦ.

### Технические средства для обеспечения вождения поездов повышенной массы и длины (ППМД)

Один из главных факторов повышения эффективности перевозок — увеличение и унификация веса и длины грузовых поездов. Эта цель, отраженная в стратегической программе развития компании «Российские железные дороги», достигается в основном за счет организации обращения ППМД (длинносоставных, тяжеловесных и соединенных). Задача обостряется в период летних путевых и строительных работ, усугубляемых сезонной неравномерностью пассажирских перевозок. Специфика эксплуатации на различных участках наших стальных магистралей обязывает иметь полный ряд технологий обращения ППМД, подкрепленных соответствующими техническими средствами, гарантирующими их четкое выполнение и безопасность движения.

Особенность российских железных дорог заключается в том, что поезда с распределенной тягой формируются обычно как соединенные, для проследования только по определенному участку и в определенный период. При этом в ближайшие годы на всех локомотивах таких поездов бригады будут сохранены полностью или частично.

Вероятность постоянного обращения всех локомотивов в соединенных поездах весьма мала. Оснащение их требующими непростого обслуживания системами дистанционного управления уместно только на определенных участках и направлениях. В подавляющем большинстве случаев достаточно эффективно использование разработанных в университете переносных систем типа **КОНСУЛ-Т (комплексная носимая система управления локомотивами — телемеханическая, с передачей информации по радиоканалу)**. Система устанавливается на все типы магистральных локо-



Носимый блок ТУ-ТС системы КОНСУЛ-Т, расположение в кабине локомотива

мотивов, в ПКБ ЦТ выполнены соответствующие проекты.

Практика испытаний полномасштабных систем дистанционного управления в соединенных поездах показала: у машиниста ведомого локомотива, выступающего в роли статиста, резко ослабевает готовность в случае необходимости брать на себя управление, устранять возникшие неисправности. Нынешний парк магистральных локомотивов не обладает технической надежностью, достаточной для того, чтобы можно было отказаться от присутствия квалифицированного работника. Поэтому (а также и потому, что нет безотказных средств автоматического пожаротушения) наличие машиниста на локомотиве обязательно. Целесообразно задействовать машиниста в наиболее многофакторных режимах управления (а именно: в тяговом режиме и режиме электрического торможения). Наблюдая за показаниями приборов, ощущая продольную динамику поезда и сцепные свойства локомотива, машинист выберет оптимальные темпы набора и сброса тяги, исключит боксование, осуществит плавный переход к электрическому торможению и т.п. В то же время режимы, при которых наиболее вероятны усилия, опасные

для прочности и устойчивости подвижного состава, должны быть автоматизированы. К таковым относятся торможение и отпуск пневматических тормозов. Именно эти режимы автоматизированы в системе. Управление тягой и электрическим торможением производится по световым приказам со звуковым сопровождением. Все команды передаются с однозначным квидированием.

При срабатывании САУТ на головном локомотиве на торможение (несоблюдение ограничений по скорости, сбой кодов АЛС, потеря бдительности и т.п.) КОНСУЛ-Т автоматически подает команду ТУ «Торможение». На обоих локомотивах выполняется первая установленная ступень торможения. Высокая безопасность также достигается и за счет того, что команда «Экстренное торможение» может быть подана с любого локомотива соединенного поезда и в любое время. При этом все прочие команды автоматически отменяются. Исполнение команды предусмотрено

как через приставку к крану машиниста, так и через электропневматический клапан автостопа ЭПК.

КОНСУЛ-Т всесторонне испытана на всех видах тяги на восьми дорогах сети. В 2001–2003 годах только на Западно-Сибирской дороге с нею успешно проведено более 6300 соединенных поездов. В целом по сети проведено более 13 тыс. поездов без единого случая брака «по вине» системы КОНСУЛ-Т. Эффект от ее применения только за счет экономии топливно-энергетических ресурсов, по данным самой Западно-Сибирской дороги, составил в 2003 году 3109 тыс. рублей. Увеличились среднесуточная пропускная способность лимитирующих участков (до 10,3 пары сдвоенных поездов) и весовой прирост (до 34 тонн на один поезд). По предварительным подсчетам, экономический эффект от внедрения системы на четырех основных грузонапряженных направлениях сети железных дорог России составит 1 800 000 тыс. рублей в год.

Тяжеловесные и длинносоставные поезда с тягой в голове отличаются от обычных худшей управляемостью автотормозов (особенно в части отпуска). Примерно половина обрывов автосцепки случается из-за неотпуска

тормозов хвостовой части поезда и преждевременного набора тяги. При выполнении глубоких и экстренных торможений развиваются предельные, а то и запредельные продольные усилия. Все это оборачивается повышенным износом ударно-упряжных приборов, колесных пар и т.д.

Эти проблемы во многом снимают применение **устройства контроля целостности тормозной магистрали по радиоканалу (УКТМ)**. Оно предназначено для непрерывного измерения давления в ТМ хвостового вагона, передачи этой информации по радиоканалу и отображения ее на цифровом индикаторе в кабине машиниста. С помощью УКТМ ускоряется процесс разрядки магистрали при служебных и экстренных торможениях, фиксируется глубокое неплановое снижение давления.

Устройство разработано в е и ВНИИЖТе. Опытная партия (10 комплектов) выпущена ФГУП ПО «Октябрь» в г. Каменске-Уральском Свердловской области. Уже проведены обкаточные испытания УКТМ в летний и зимний периоды на участке Свердловск-Сортировочный — Войновка. Одновременное торможение с головы и с хвоста значительно снижает продольно-динамические силы в грузовом поезде. При регулировочных торможениях в одинаковых условиях продольные ускорения при синхронном торможении с использованием УКТМ снижаются в 3–5 раз по сравнению с торможением только с головы (при остановочных торможениях со скорости 20–30 км/ч такие ускорения не определялись совсем).

Контроль целостности тормозной магистрали (перекрытие концевых кранов в составе или перемерзание тормозной магистрали) легко осуществляется на стоянке путем выполнения первой ступени торможения только с хвоста поезда — после срабатывания соответствующего датчика загорается лампа ТМ в кабине машиниста.

На стадии подготовки и обработки составов в парках формирования внедрение УКТМ обеспечит полноценную зарядку и опробование тормозов, достоверную картину изменения давления в тормозной магистрали хвоста поезда. Появится возможность ускорить зарядку сжатым воздухом,

исключить случаи отправления составов с недозаряженной тормозной магистралью. Масштабная эксплуатация устройств контроля целостности тормозной магистрали обещает существенное снижение продольно-динамических усилий при регулировочных и остановочных торможениях, уменьшение отрицательного воздействия на путь.

### Новые тормозные системы

Одной из самых перспективных разработок лаборатории является беспроводной **электропневматический тормоз (ЭПТ)** для грузовых поездов, совместно с ВНИИЖТ и ОАО «МТЗ Трансмаш». Создание такого тормоза имеет, на наш взгляд, революционное значение для отечественных железных дорог. Использование беспроводного ЭПТ в поездах повышенной массы и длины позволит реализовать ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными пневматическими тормозами: сокращение на 15–70% длины тормозных путей; уменьшение до двух раз продольных сил в поезде при торможениях; уменьшение на 26% мощности, рассеиваемой тормозными колодками, и соответствующее увеличение срока их службы; уменьшение повреждаемости колес при торможе-

ниях; сокращение на 5–8% расхода топлива (электроэнергии); повышение средней скорости движения; сокращение времени оборота маршрутных поездов на 5–9%. Более того, возможно создание внутрипоездной информационно-диагностической сети, которая позволит значительно поднять безопасность движения за счет непрерывного контроля ходовых и других ответственных частей каждого вагона, сократить затраты на техническое обслуживание и т.д. В настоящее время изготовлен и проходит все установленные виды испытаний опытный образец поездокомплекта беспроводного электропневматического тормоза для грузового поезда.

В лаборатории реализована давняя мечта машинистов многих поколений — электронная система выполнения заданных режимов торможения и отпуска пневматических тормозов с автоматическим совмещением и замещением электродинамическим и другими видами тормозов. Система получила название **МИСУТ — микропроцессорная система управления тормозами**. Опытный образец МИСУТ прошел стендовые, эксплуатационные и приемочные испытания. Исполнительной частью является кран машиниста с дистанционным управлением № 130.

Многолетняя практика эксплуатации системы КОНСУЛ-Т показала необходимость и большое желание со стороны машинистов автоматизировать процессы управления пневматическими тормозами. Так как практически 100% парка грузовых локомотивов эксплуатируется с кранами машиниста № 394(395), то была выполнена разработка по модернизации этих кранов путем добавления электропневматической приставки № 206 и электронного блока управления. Стендовые испытания модернизированного крана дали ожидаемые результаты. Подключение еще одного дополнительного вентиля — для выполнения режима сверхзарядки — позволяет автоматизировать весь процесс управления автотормозами и, на наш взгляд, имеет хорошие эксплуатационные перспективы.

В заключение отметим, что разработанные в лаборатории электропневматические приставки к крану машиниста типа ПЛК1.2.000-01 и № 206 и произ-



Вагонный полукомплект УКТМ, установлен на хвосте поезда

веденные на Уральском электромеханическом заводе (г. Екатеринбург), ПО «Октябрь» (г. Каменск-Уральский) и ОАО «МТЗ Трансмаш» (г. Москва) находятся в постоянной эксплуатации более чем в 10 тысячах кабин локомотивов.

### **Техника для исследования параметров грузового поезда в движении**

Выбору оптимального режима ведения грузового поезда с точки зрения продольной динамики, а отсюда — и воздействию на путь всегда уделялось значительное внимание. Но проведение таких исследований требует больших людских, временных и материальных затрат. С целью значительного сокращения всех видов затрат в лаборатории разработана **радиотелеметрическая система измерения параметров поезда в движении (РИПС)**. Она позволяет в режиме реального времени регистрировать основные характеристики состояния поезда вдоль всего состава по нескольким сечениям одновременно, до восьми включительно. Данные непрерывно передаются в локомотив или в вагон-лабораторию. Это позволяет получить полное представление о том, что происходит с грузовым поездом во время движения, в зависимости от выбираемых режимов ведения, и отобрать из них наиболее рациональные. Кроме этого, предусмотрена детализированная запись измеряемых параметров в энергонезависимую память по каждому сечению для последующего считывания, обработки и анализа. В настоящее время система проходит эксплуатационные испытания.

### **Контрольно-измерительная аппаратура для локомотивного оборудования**

Практика эксплуатации системы КОНСУЛ-Т на различных дорогах сети выявила необходимость создания контрольно-измерительной аппаратуры для локомотивного оборудования, непосредственно связанного с этой системой. В первую очередь это относится к поездным радиостанциям типа 42РТМ-А2-СМ, так как около 80% парка грузовых локомотивов до сих пор оборудовано радиостанциями этого типа. Разработаны портативные приборы для замера основных параметров этих радиостанций. Они обеспечивают проверку параметров непосредственно на локомотиве в течение 3–5 минут и, частично, настройку. Каждый из этих при-



**Измерение параметров поездной радиостанции прибором ПИ-ПРС-7 непосредственно на локомотиве**

боров заменяет три стационарных. Контролируются такие основные характеристики радиостанции, как вызывные частоты, выходная мощность передатчика, согласование выхода передатчика с антенно-фидерным устройством и чувствительность приемника по срабатыванию шумоподавителя. Отдельно контролируется сквозная амплитудно-частотная характеристика тракта радиоканала.

Для предрейсового и послерейсового экспресс-контроля основной части системы КОНСУЛ-Т — переносного блока ТУ-ТС (телеуправления-телеанализации) разработан специальный стенд. Наличие такого стенда в пунктах экипировки локомотивов позволяет за несколько минут в присутствии локомотивной бригады проверить исправность выдаваемого блока, обеспечить у бригады уверенность в его работоспособности. Аналогично, после поездок должен сдаваться исправный блок. Для целей ремонта в стенде предусмотрен режим детального диагностирования блоков.

### **Теоретические разработки по газодинамическим процессам в тормозной магистрали**

При рассредоточенном воздействии на тормозную магистраль ТМ, что имеет место в ППМД, главную роль играет динамика сложного взаимодействия

воздушных потоков в магистрали. С помощью ранее использовавшейся линейной математической модели, являющейся системой линейных телеграфных уравнений с частными производными, невозможно описать такие сложные газодинамические течения, как, например, переход воздушного потока в ТМ от волн разрежения к волнам сжатия при немонокотных по времени граничных условиях на кране машиниста. Особенно если такие переменные граничные условия имеют место в разных точках ТМ и реализуются в разные моменты времени.

С использованием математических методов газовой динамики в лаборатории разработана нелинейная модель, являющаяся нелинейной системой уравнений газовой динамики с частными производными гиперболического типа. Решения этой системы удовлетворяют фундаментальным законам сохранения массы, импульса и энергии и, естественно, более адекватно передают течение газа, чем линейная модель. Выполненные численные расчеты с использованием нелинейной модели не только качественно, но и количественно совпали с данными экспериментов. Таким образом, создан новый мощный и точный инструмент для исследований газодинамических процессов в тормозной магистрали в поездах различных схем формирования.