



АВТОМАТИЗАЦИЯ ВОЖДЕНИЯ ПОЕЗДОВ В РОССИИ: ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ДМИТРИЙ ВОЛКОВСКИЙ

d.volkovskiy@list.ru

Железные дороги занимают ведущее место в транспортной системе России, обеспечивая около 85% грузооборота и более 37% пассажирооборота транспорта общего пользования. Общая эксплуатационная длина железных дорог России составляет более 90 тыс. км. При такой нагрузке возникает необходимость в быстром получении информации и максимальном снижении угроз безопасности из-за утомляемости машиниста. Помощь в решении этих проблем могут оказать системы автоведения поездов.

Железные дороги включают в себя инженерные сооружения и различные технические устройства и средства, обеспечивающие своевременное, полное и качественное удовлетворение потребностей населения и народного хозяйства в перевозках. Бесперебойная и безаварийная работа такого многоотраслевого хозяйства требует взаимовязанной и слаженной работы всех звеньев. Среди комплекса мероприятий особо выделяется автоматизация технологических процессов, направленная на устранение так называемого человеческого фактора — основной причины возникновения аварийных ситуаций. Именно разработкам превентивных мер повышения безопасности исторически уделялось особое внимание. В 1931 г. на новом подвижном составе

началась установка автоматических тормозов с воздушораспределителем конструкции И. К. Матросова. В 1935 г. на подвижном составе стало применяться автосцепное устройство СА-3. В 1937 г. для советских железных дорог разработана первая система механического автостопа с автоматической локомотивной сигнализацией. В 1940 г. на вагонах типа «Г» Московского метрополитена применен реостатный тормоз, позволивший автоматизировать процесс торможения. В 1952 г. создан автоматический тормоз для длинносоставных поездов. С 1957 г. берет начало история создания систем интеллектуального управления тяговым подвижным составом «автомашинист». Тогда была создана первая экспериментальная автономная система автоведения поезда для

пригородных поездов. В 1974–1975 гг. на Московской и Октябрьской ж/д продолжаются испытания первых прототипов систем автоведения. В 1983 г. на Октябрьской железной дороге проходит испытания вариант системы автоведения для пассажирских поездов с электровозом ЧС200. В 1990 г. для подвижного состава ж/д началась разработка системы автоведения для грузовых поездов, в которой учитываются динамические реакции при ведении поезда. В 1998 г. на базе отраслевого центра новых технологий ОЦВ ВНИИЖТа изготовлена первая опытно-промышленная партия систем автоведения для пригородных поездов, которыми были оборудованы электропоезда депо Железнодорожная, Куровская и Раменское Московской ж/д.

За последние 15 лет специалистами российской компании «АВП Технологии», преемником сложившихся передовых традиций ВНИИЖТа в области автоматизации процессов управления тяговым подвижным составом для вождения поездов, разработано более трех десятков различных систем автоведения всевозможных типов электропоездов, пассажирских электровозов, грузовых электровозов и пассажирских тепловозов. Решены сложные задачи управления в автоведении тягового подвижного состава с контакторным и тиристорным управлением, а также полного управления всеми типами реостатных, рекуперативных, электропневматических и пневматических тормозов.

Современные системы автоведения — это:

- полностью автоматизированное управление тягой и торможением с учетом ограничений скорости, профиля пути, массы состава, сигналов светофоров и высокоточным исполнением графика движения;
- энергосберегающее управление поездом с экономией топливно-энергетических ресурсов до 10%;
- мгновенная реакция на меняющуюся поездную обстановку;
- минимальные продольно-динамические реакции в поезде;
- соблюдение безопасности движения;
- всесторонний анализ поездки и диагностика технического состояния на основе зарегистрированных и передаваемых по цифровому радиоканалу данных;
- освобождение машиниста от рутинных манипуляций по управлению с переключением его внимания на повышение безопасности движения.

Системы автоведения были разработаны и интегрированы на локомотивы новых серий, такие как ЭП20, ЭП1М, 2ЭС5К и 3ЭС5К с новыми бортовыми микропроцессорными системами управления, и на локомотивы зарубежного производства, такие как электровозы KZ8A, KZ4A (Alstom), тепловоз ТЭП33А (GEE). Ведутся разработки на электропоезда Talgo и Stadler.

Интеллектуальный центр системы автоведения представляет собой бортовой компьютер с программой, которая рассчитывает движение поезда при заданном управлении на некоторый впередилежащий участок и выбирает необходимые

режимы движения и управления для обеспечения безопасности движения, выполнения расписания, минимизации расхода электроэнергии и сохранности оборудования ТПС. Для расчета программа автоведения использует данные (рис. 1):

- о текущем состоянии тягового подвижного состава и контактной сети (поступает с подвижного состава от датчиков);
- о составе — его масса, длина, количество вагонов и т. п. (вводится автоматически или вручную перед началом работы);
- о маршруте следования (содержится в базе данных маршрутов);
- о временном графике движения (содержится в базе данных, а также может быть модифицирован по беспроводным каналам связи при изменении поездной обстановки);
- об ограничениях скорости и расположении объектов инфраструктуры.

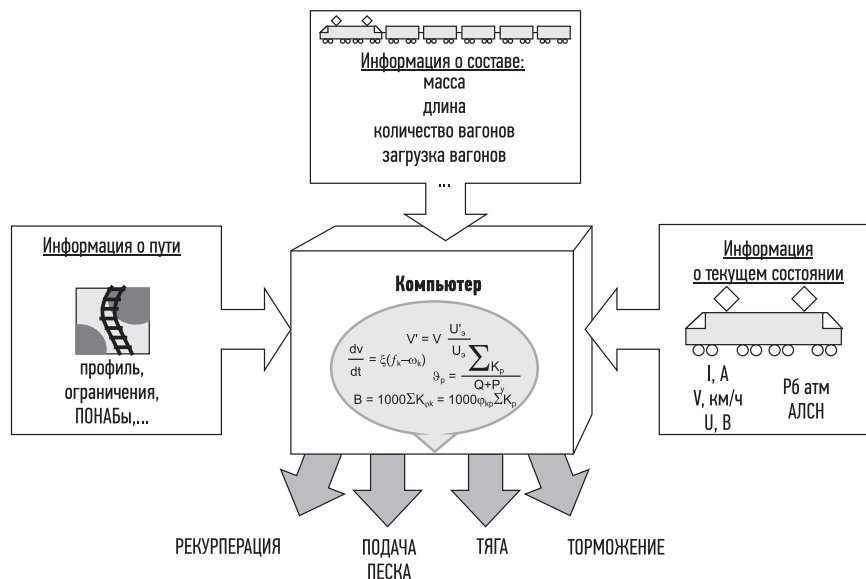
Программа автоведения постоянно следит за меняющейся поездной обстановкой и выдает управляющие команды аппаратуре на тягу, торможение, подачу песка и т. д., осуществляя полный цикл ведения поезда без вмешательства машиниста на органы управления, ориентируясь на оптимальный расход электроэнергии и точное выполнение расписания.

Организациям, эксплуатирующим локомотивы, оборудованные системами автоведения, предоставляются удобные сервисы по сбору и автоматизированной обработке передаваемых и регистрируемых данных с локомотива с предоставлением всех необходимых форм отчетности по контролю его технического состояния, местоположения ТПС и расхода топливно-энергетических ресурсов (рис. 2).

Регистраторы являются неотъемлемой частью систем автоведения. Они выдают текущие значения скорости, токов, напряжений, давлений, температуры воды, масла, уровня, плотности и температуры топлива. Измерение и регистрация всех этих и других параметров осуществляется с привязкой к пути и текущему времени, что позволяет разделить потребленную электроэнергию на маневровую работу, тягу и отопление по дорогам, отделениям и тяговым подстанциям. Регистратор имеет более высокую точность измерения потребленной электроэнергии или дизельного топлива по сравнению с применяемыми ранее счетчиками. Набор измеряемых параметров зависит от типа подвижного состава, на который устанавливается регистратор.

В настоящее время основным направлением повышения производительности труда на ж/д транспорте является интенсификация перевозочного процесса, что естественным образом приводит к усложнению работы машиниста и увеличению физиологической стоимости труда, что значительно повышает риск возможности возникновения внештатных ситуаций, связанных с человеческим фактором. При этом удельный вес человеческого

РИС. 1. ▼
Схема системы автоведения



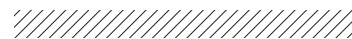
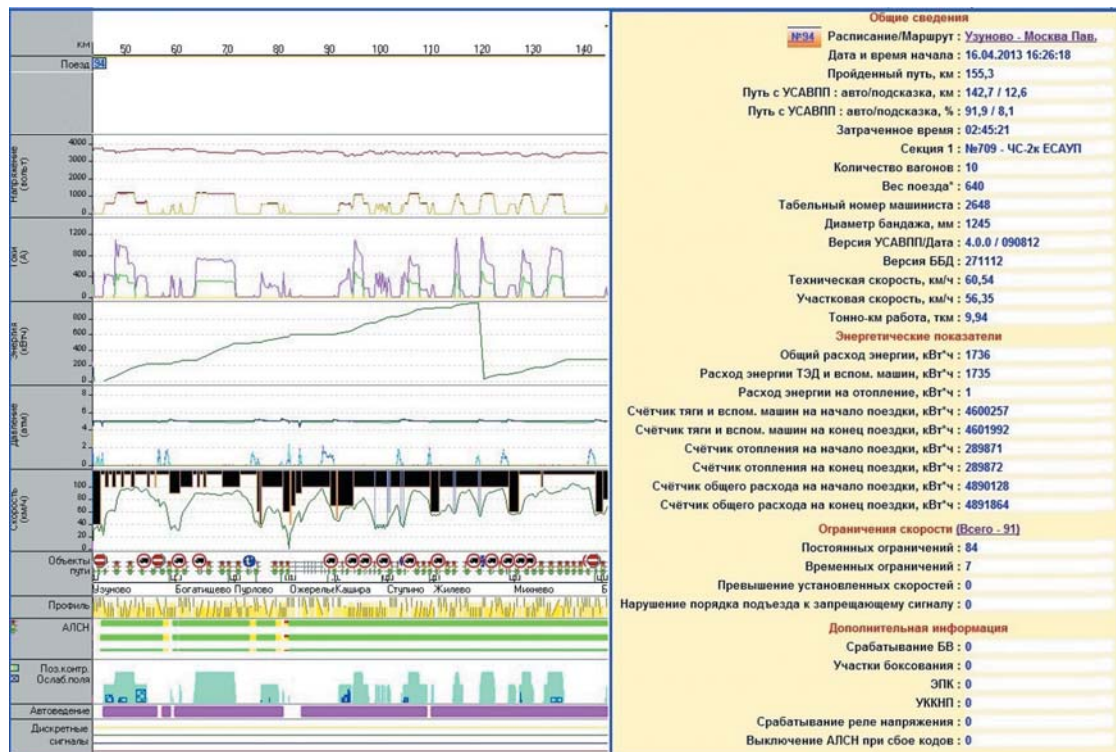


РИС. 2. ►

Фрагмент отчета файла поездки пассажирского поезда №94 с локомотивом ЧС2К709 на участке Ожерелье — Москва Павелецкая с использованием автоведения на более 90% пройденного пути



фактора среди причин транспортных происшествий достигает 90%.

С использованием в работе систем автоведения принципиально изменяются условия работы локомотивной бригады и ряд факторов, напрямую влияющих на безопасное ведение поезда. Так, по данным научно-исследовательских работ Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожной гигиены (ВНИИЖГ), в режиме ручного управления алгоритм деятельности машиниста в момент проследования станций имеет факты превышения допустимых величин психофизиологической нагрузки. При этом загрузка

машиниста операциями контроля недопустимо велика и достигает от 75 до 90%. Данные хронометража показывают, что машинисты компенсируют дефицит времени за счет снижения частоты осмотра контрольных приборов и игнорирования полноты текста при обмене рапортами между машинистом и помощником. Данная ситуация является предпосылкой возникновения критических, в плане обеспечения безопасности движения, ситуаций, провоцируемых факторами нарушения режима отдыха, переработками рабочего времени, сбоями в правильном подборе локомотивной бригады и др. Использование систем

автоведения при проследовании станции хотя и не приводит к упрощению общего алгоритма управления, но снижает загрузку машиниста с 90 до 60%, что существенно уменьшает вероятность появления ошибки при выполнении алгоритма управления. В режиме автоведения машинисту не требуется рассчитывать скорость движения для выполнения расписания, следить за токами на тяговых двигателях при переключении позиций тяги и давлениями при торможении (рис. 3).

Алгоритм ручного управления на перегоне, даже на обследованном напряженном участке дороги, имеет резервы — как по сложности самого алгоритма, так и по коэффициенту загрузки машиниста, и при его выполнении не превышает допустимых величин. В то же время использование систем автоведения на перегоне создает дополнительный резерв для изменения алгоритма управления, увеличивая количество операций и времени для наблюдения за состоянием объектов инфраструктуры пути, осмотров составов, контрольных приборов и др., что положительно сказывается на обеспечении безопасности движения.

Исследования показали также значимо возрастающую роль систем

РИС. 3. ►

Следование в режиме автоведения на электровозе ЗЭС5К «Ермак» с грузовым поездом в режиме автоведения на участке Хабаровск-2 — Ружино



автоведения в предотвращении переутомлений машинистов при неблагоприятных погодных условиях, таких как туман, дождь, снегопад, ночное время суток. При остановках на низких и плохо освещенных платформах такие системы оказывают машинисту существенную поддержку как в режиме автоведения, так и в режиме советчика. Анализ данных психофизиологического обследования показал, что при работе в режиме ручного управления начальные признаки утомления, такие как напряжение адаптационных механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы и субъективная оценка самочувствия, активности и настроения, проявляются через три-четыре часа работы. В то же время при использовании режима автоведения признаки утомляемости проявляются лишь на пятом-шестом часу работы машиниста. В целом, сравнительный анализ функционального состояния организма машинистов и их деятельности при работе в режиме автоведения и ручном управлении показал, что применение систем автоведения позволяет продлить устойчивый уровень работоспособности в среднем на два-три часа работы и уменьшить загруженность машиниста на наиболее сложных этапах его работы.

Положительное влияние автоведения на состояние машиниста при выполнении наиболее тяжелых рейсов подтверждено на практике. В частности, автоведение без помощника наиболее активно применяется на Октябрьской ж/д на участке Мурманск — Свирь, на Восточно-Сибирской ж/д.

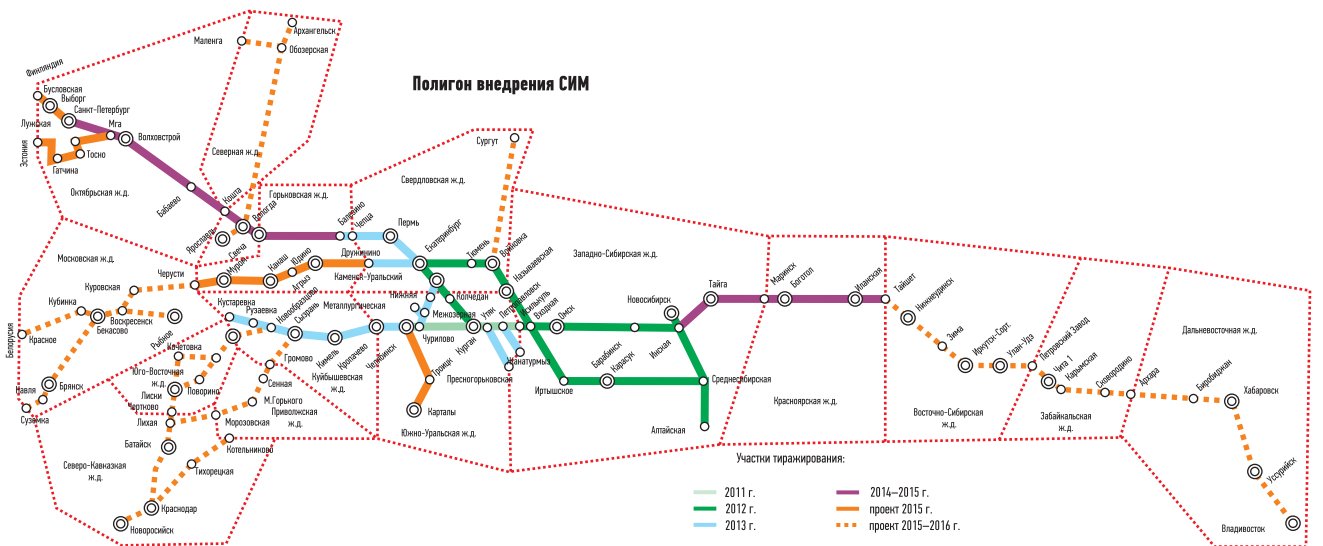
На Дальневосточной ж/д автоведение активно используется на удлиненных плечах, где рейс бригады из двух машинистов длится более 11 ч.

Немаловажным преимуществом использования системы автоведения на пассажирском ж/д транспорте является точное исполнение расписания движения. По данным мониторинга движения пассажирских поездов по энергооптимальным расписаниям, доля поездов, имевших отклонение от энергооптимального графика, при автоведении в три-четыре раза меньше, чем при ручном управлении. Данное потребительское свойство автоведения является основой при организации движения пассажирских и грузовых поездов по оперативным суточным графикам движения, рассчитанным системой «Эльбрус».

Внедрение системы информатора машиниста (СИМ) на приписном парке полигона Южно-Уральской, Западно-Сибирской, Свердловской и Куйбышевской ж/д (рис. 4) уже сейчас позволяет получать оперативные корректировки расписания непосредственно на борту поезда. СИМ отображает полную картину обстановки движения, включая информацию о свободности нескольких блок-участков, расположении поезда на профиле пути, ограничениях скорости и других параметров, которые выводятся на экран нового ЖК-дисплея, пришедшего на смену дисплею с буквенно-цифровой индикацией. Для системы автоведения был специально разработан интуитивный интерфейс вывода графической информации (рис. 5). После исследовательских работ по анализу опыта эксплуатации систем автоведения и пожеланий локомотивных бригад произошел революционный отказ от копирования «евроинтерфейса» с вертикальным построением движения и переход к так называемой «живой» скоростемерной ленте с горизонтальным отображением движения. Обновление расписания непосредственно на борту, его точное исполнение и данные о точном геопозиционировании локомотивов и их состоянии, получаемые в режиме реального времени по беспроводным каналам связи, уже сейчас создают основу для перехода от автоматизированного управления движением единичного поезда к автоматизированному управлению движением всего потока поездов.

Сокращение утомляемости машинистов и точное исполнение графика движения само по себе повышает безопасность движения. Однако система дополнительно имеет важную специальную функцию: контроль действий машиниста по соблюдению скоростного режима и отключение его от управления при прогнозировании превышения скорости. Тем самым автоведение не останавливает поезд при превышении скорости, а предотвращает его, что является принципиально новым свойством, повышающим безопасность на участках с неблагоприятным профилем пути. Реализация этого режима показана на рис. 6.

РИС. 4. ▼ Полигон внедрения СИМ. Суммарная длина введенных участков — 12 511 км; количество электровозов, оборудованных СИМ, — 1557; полученная энергия (2015 г.) — 406 млн кВт·ч



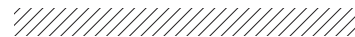
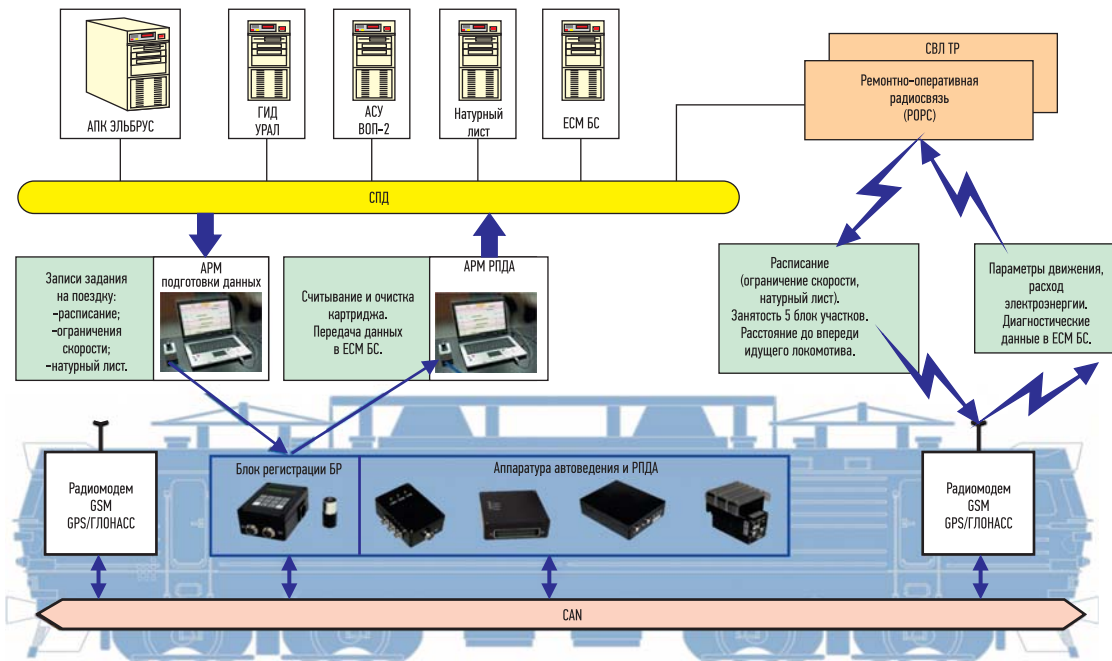


РИС. 5. ►

Структурная схема работы комплекса автоматизированного управления движением поездов с бортовой системой информирования машиниста



Все эти функции действительно повышают безопасность движения, о чем можно судить по количественным данным, получаемым автоматически после расшифровки картриджей, записанных в реальных поездках.

В настоящее время системам автоведения и регистрации параметров

движения для ж/д транспорта уделяют большое внимание ведущие мировые производители железнодорожного оборудования. Следует отметить, что автоматизация управления транспортными средствами стала мировой тенденцией не только на авиационном, водном,

железнодорожном, но и на автомобильном транспорте, где системы круиз-контроля, автоматического управления тормозами и парковки становятся штатными системами. В вопросе автоматизации управления на ж/д Россия занимает лидирующие позиции. ●

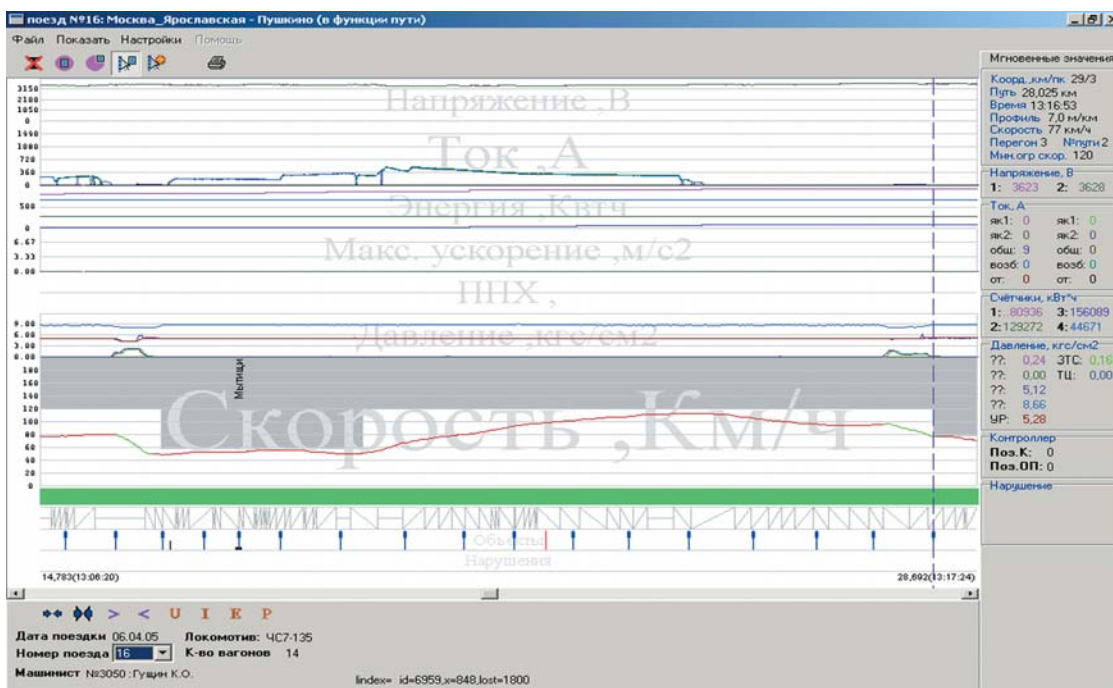


РИС. 6. ►

Режим предотвращения превышения скорости