

# Автоматизация управления высокоскоростным движением поездов

В. А. ГАПАНОВИЧ, канд. техн. наук, старший вице-президент ОАО «РЖД», главный инженер ОАО «РЖД»



Одной из наиболее важных систем, которыми оснащаются высокоскоростные линии, является АСУ высокоскоростного движения поездов (АСУ ВСДП). Эта система предназначена для выполнения заданного объема перевозок при безусловном выполнении требований по безопасности движения.

Планируемые объемы перевозок на линии высокоскоростного движения служат исходным параметром для составления планового графика движения (ПГД) и на его основе — программы работы АСУ ВСДП, которая выполняется с заданной точностью с учетом действий различных возмущений. Для этого в ПГД закладываются необходимые резервы регулирования. Выполнение программы обеспечивает подсистема «Автомашинист» (автоведения), реализующая энергосберегающие алгоритмы управления. Если действующие отклонения в движении поездов превышают

заложенные резервы регулирования, то в зависимости от величины возмущений корректируются либо отдельные нитки ПГД, либо ПГД в целом.

Для ввода поездов в ПГД предусматривается переход от графического управления в соответствии с ПГД к интервальному и последующий возврат к первоначальному графическому управлению, изменение числа поездов на линии, схемы оборота поездов и т. д.

Подсистема «Автомашинист» всегда используется совместно с подсистемой обеспечения безопасности движения, которая контролирует безопасный интервал попутного следования поездов,

не допуская их опасного сближения за счет непрерывного расчета и задания каждому поезду допустимой скорости движения. На линиях с ВСДП существуют жесткие технологические требования к точности выполнения ПГД, связанные с сильным влиянием даже малых отклонений от графика на безопасность движения поездов и живучесть транспортного конвейера.

## Процесс организации управления

Специализированная по хозяйствам вертикально-интегрированная структура управления ОАО «РЖД» при организации ВСДП, особенно при смешанном движении высокоскоростных и обычных (со скоростью до 160 км/ч) поездов, в первую очередь потребовала создания подсистемы верхнего уровня — ситуационного центра мониторинга и управления чрезвычай-

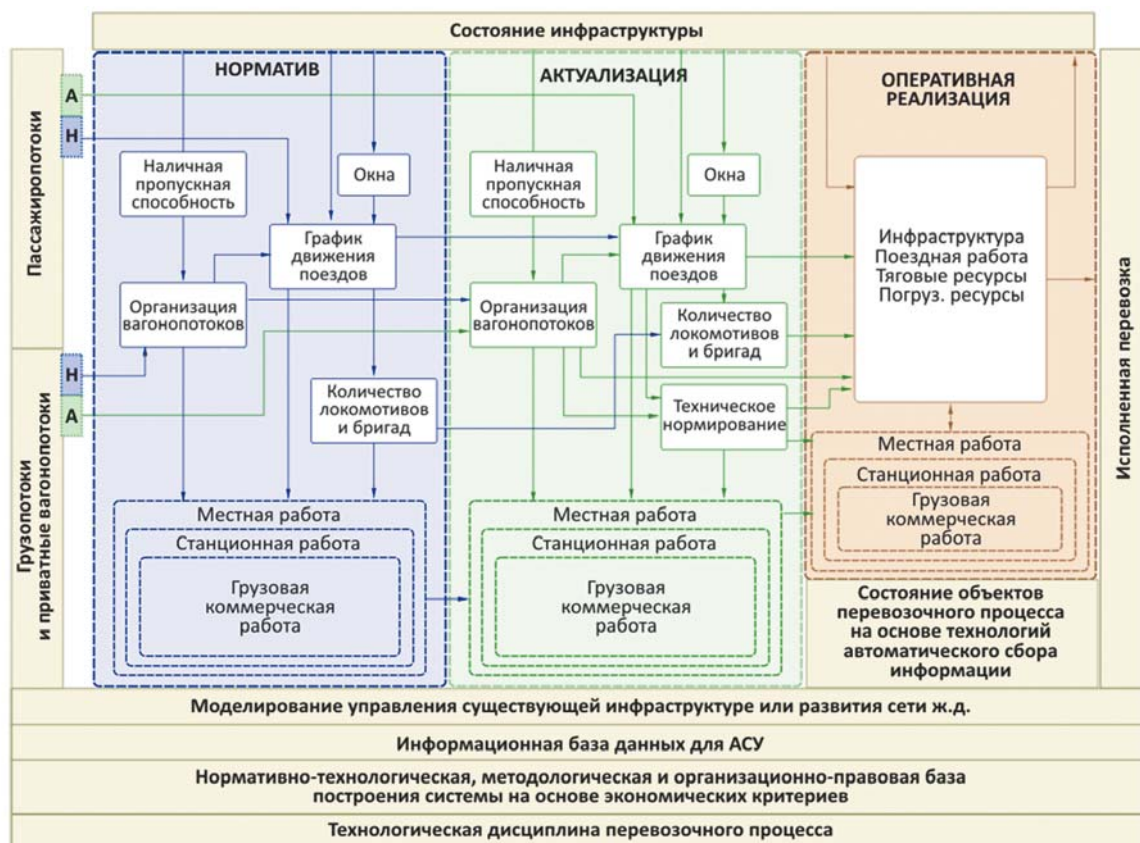


Рис. 1. Организация управления перевозками при смешанном движении поездов

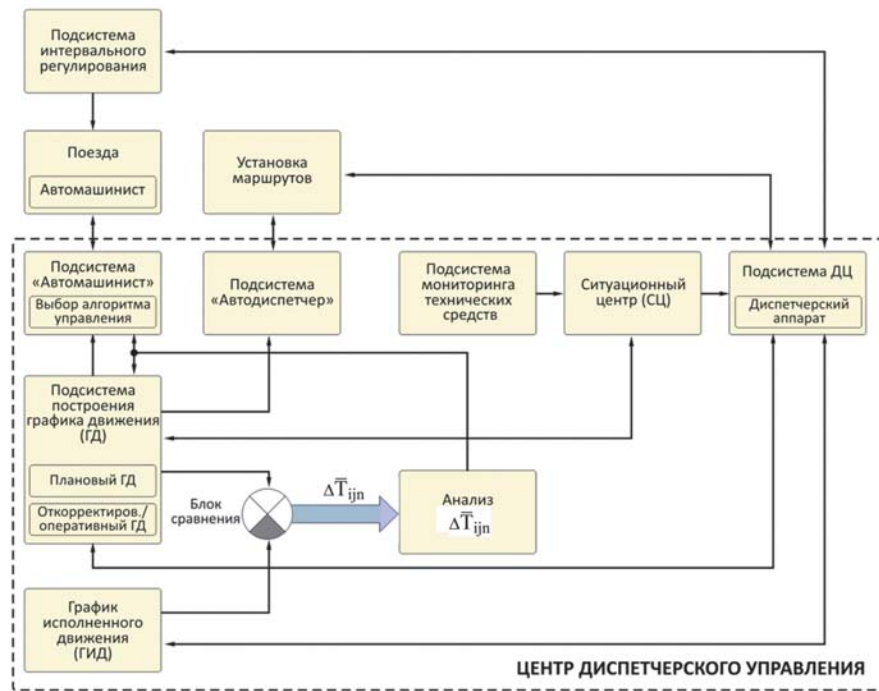


Рис. 2. Архитектура автоматизированной системы управления высокоскоростным и смешанным движением поездов:  $T$  – множество параметров регулирования;  $i$  – номер параметра;  $j$  – номер станции;  $n$  – номер поезда.

ными ситуациями (СЦ), который объединяет в себе несколько функциональных направлений: обеспечения безопасности движения, транспортной безопасности, пожарной и экологической безопасности, прогнозирования и контроля метеорологических условий, управления восстановительными работами при чрезвычайных ситуациях и др. [1].

В СЦ в качестве средства интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений создана единая база данных (БД), содержащая информацию обо всех случаях нарушений технологических процессов и отказов технических средств, которые влияют на точность выполнения ППД. Для повышения достоверности и надежности информации используются данные, предоставляемые различными источниками с помощью информационных и спутниковых технологий (ИТ и СТ), а также АСУ хозяйств.

БД содержит высокоточную информацию для формирования координатного пространства, включающего цифровые модели пути с размещением на них объектов железнодорожной инфраструктуры, она обеспечивает контроль дислокации (позиционирование) с заданной точностью подвижных единиц — локомотивов, вагонов и т. д. [2].

Эти инновационные решения реализованы в АСУ ВСДП на участке Санкт-Петербург — Москва [3]. В системе используется структура не многоступенчатого, а прямого управления, при которой уп-

равление всеми объектами на линии осуществляется из единого центра диспетчерского управления (ЦДУ), в который передается контрольная информация об исполнении команд и состоянии всех технических средств.

Функции данной системы определены на основе анализа особенностей процесса организации управления перевозками при смешанном движении поездов (рис. 1) [4]. Этот процесс включает в себя:

- подпроцесс разработки и расчетов нормативных документов на основании данных о пассажиро- и грузопотоках (наличной пропускной способности участков; графике движения поездов и технологических окон для работ по ремонту и обслуживанию всех объектов инфраструктуры; вагонпотоках, количестве локомотивных бригад и планировании местной работы, охватывающей станционную, грузовую и коммерческую работу);
- последующую актуализацию нормативных документов и оперативную реализацию поездной и местной работы.

При реализации всех подпроцессов автоматически собирается информация о состоянии перевозочного процесса, на основании информации от отраслевых АСУ с учетом нормативно-технологической, методологической и организационно-правовой базы, принятых экономических критериев и критериев обеспечения технологической дисциплины перевозочного процесса, моделируется управление перевозками.

## Архитектура АСУ

На основании рассмотренной организации управления перевозками построена архитектура АСУ высокоскоростным и смешанным движением поездов (рис. 2). Эту структуру можно использовать при организации и однотипного скоростного движения, и высокоинтенсивного движения пригородных поездов. На рис. 2 показаны только подсистемы и средства, обеспечивающие управление движением поездов и безопасность движения.

## Подсистемы Центра диспетчерского управления

В ЦДУ входят подсистемы построения ПГД, а также откорректированного или оперативного графика. Решение о корректировке ПГД принимается многопараметрическим блоком сравнения на основании вычисления величин рассогласований параметров ПГД и графика исполненного движения.

Исполнение ПГД возложено на подсистему «Автомашинист», состоящую из стационарной (верхний уровень управления системы автоведения) и бортовой (нижний уровень системы автоведения) ступеней.

Для установки маршрутов движения поездов в соответствии с плановым или оперативным ГД служит подсистема «Автодиспетчер». Диспетчерский аппарат получает необходимую информацию о состоянии перевозочного процесса и отклонениях в движении поездов от ПГД и выдает разрешение на корректировку ПГД (его ниток или графика в целом) (рис. 2).

Стационарное оборудование подсистемы «Автомашинист» определяет номер графика и алгоритм управления в зависимости от величины отклонений параметров ПГД и ГИД и передает выработанные решения в виде команд, которые поступают в бортовые устройства «Автомашинист».

Подсистема диспетчерской централизации (ДЦ) обеспечивает организацию и управление процессом движения поездов на линии в штатных и нештатных условиях работы, устанавливает каждому поезду маршруты движения под контролем и при участии диспетчерского аппарата. Последняя функция может выполняться полностью в автоматическом режиме с помощью подсистемы «Автодиспетчер». Переключение режимов установки маршрутов производится поездным диспетчером. Непосредственная установка маршрутов осуществляется подсистемой электрической централиза-

ции. Функции обеспечения безопасности движения поездов выполняет подсистема интервального регулирования, которая препятствует опасному сближению поездов путем задания и контроля допустимых скоростей их движения и отвечает требованиям безопасности третьего и четвертого уровней международной классификации, принятой в стандартах CENELEC.

При ВСДП важнейшее значение приобретает подсистема мониторинга технических средств, данные о состоянии которых поступают в СЦ. Для выполнения ПГД в условиях действия возмущений применяются известные графиковые, интервальные и графико-интервальные алгоритмы управления движением поездов, которые адаптируются для использования в АСУ ВСДП при пакетном графике движения высокоскоростных поездов [5]. При использовании графиковых алгоритмов для каждого поезда определяется разность планового и фактического астрономического времени прибытия и отправления поездов со станции (расогласования параметров планового и исполненного графиков движения) и вырабатываются управляющие воздействия, компенсирующие эти отклонения.

Аналогичные принципы используются в системе транспортного обслуживания Олимпийских игр Сочи-2014. На участке Адлер — Альпика-Сервис один из алгоритмов восстановления нормативного графика при сбоях (опозданиях) основывается на использовании резервов, заложенных во времени хода поездов по двухпутным вставкам [6]. На рис. 3 приведен пример организации скрещения электропоездов на двухпутной вставке участка (для которой резерв времени хода составляет 2,8 мин).

### Сеть радиосвязи

Большое значение в АСУ ВСДП придается использованию современных информационных и спутниковых технологий для повышения надежности и достоверности используемой информации. Работы в этом направлении активно ведут специалисты разных стран. Необходимый уровень достоверности и защиты информации обеспечивается за счет применения классических методов резервирования и защитного кодирования. Живучесть перспективной сети радиосвязи при технических отказах обеспечивается перекрытием зон радиодоступности от соответствующих базовых станций. Однако при неисправности глобального характера, например при выходе из строя центрального ком-

мутатора сети связи, такая защита будет неэффективной. В практике эксплуатации системы GSM-R подобный отказ привел к сбою работы всей системы управления движением поездов в Норвегии.

Также не исключена возможность целенаправленного подавления радиосигналов системы GSM-R. В этом случае опасная трансформация передаваемых команд может и не произойти, но из-за потери информации будет нарушена управляемость системы. Возможность такой ситуации разработчики системы ERTMS не оговаривают, но во всех проектах сохраняют точечные датчики для обмена информацией с поездами на границах блок-участков. Этот канал рассматривается в качестве резервного при оборудовании участков системой ERTMS второго уровня.

Недостатком такого метода резервирования является то, что при движении поезда информация на локомотив в промежутках между соседними точечными датчиками не передается и, соответственно, оперативное реагирование системы на внезапно возникающие препятствия не производится. Кроме того, в отличие от российских систем, ERTMS практически непригодна для одновременного обеспечения безопасности при поездной и маневровой работе локомотивов на станции.

### Система ITARUS-ATC

На основе опыта деятельности российских железных дорог разработана концепция российско-итальянской системы ITARUS-ATC, которая, с одной стороны, способна использовать сеть GSM-R с утвержденным протоколом Euroradio для достижения интероперабельности, а с другой — сохраняет в качестве источника передачи информации рельсовые цепи, хорошо зарекомендовавшие себя при скоростном движении на участке Санкт-Петербург — Москва. Франция и Италия, исторически использующие рельсовые цепи, также не отказываются от их применения совместно с каналами GSM-R в системах обеспечения безопасности.

Функции бортового устройства системы ITARUS-ATC существенно отличаются от функций зарубежных аналогов: если в типовой системе ERTMS второго уровня бортовое устройство, состоящее из приемопередатчика AIRBS и бортового компьютера EVC, выполняет команды радиоблокцентра (RBC) и реализует разрешение на движение только в заданной зоне до следующей контрольной точки, то в системе ITARUS-ATC борт выполняет интеллектуальные функции и всегда получает дополнительную

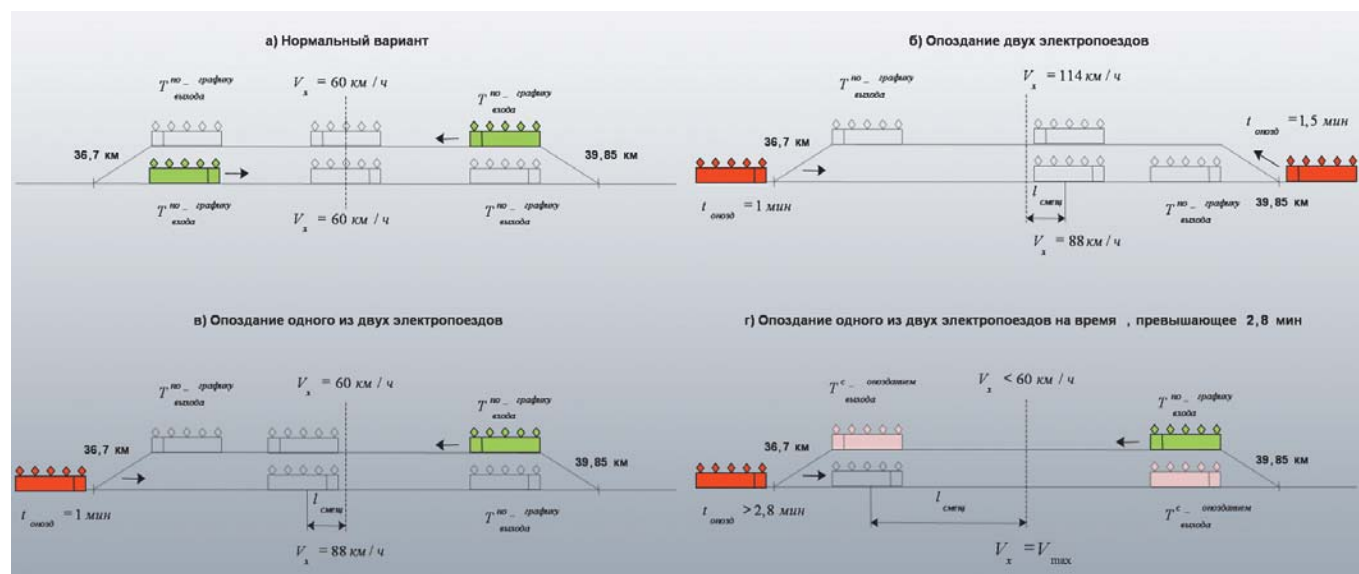


Рис. 3. Варианты восстановления графика движения при сбоях

информацию о свободности впереди лежащих блок-участков по рельсовым цепям, а по ограничениям скорости — из электронной карты участка, хранящейся в памяти бортового устройства.

При таком построении отказ канала GSM-R не приводит к катастрофической ситуации. Более того, различие полученной информации по каналам GSM-R и рельсовым цепям анализируется бортовым устройством, и для реализации принимается информация, обеспечивающая более высокий уровень безопасности. Такой же принцип используется при определении допустимой скорости движения, информация о которой задается различными источниками: центром RBC, электронной картой участка и системой автоматической локомотивной сигнализации. Такой подход позволил на опытном полигоне Хоста — Мацеста использовать без изменения стандартную структуру RBC разработки фирмы Ansaldo STS и технологии российского бортового устройства «БЛОК».

Возможность кодирования рельсовой цепи с конкретным номером, привязанным к инфраструктуре, и известными координатами позволяет реализовать безопасную и адресную передачу информации, эквивалентную системе на базе точечных датчиков в ERTMS. Одновременно ограничивается вероятность ошибок спутникового бортового навигатора и обеспечивается безопасность информации о координатах поездов, формируемых этим устройством.

Дальнейшее наращивание функций системы ITARUS-ATC предусматривает:

- позиционирование маршрутных объектов в RBC непосредственно с помощью бортовых спутниковых навигаторов, что резко удешевляет стоимость системы;
- использование вместо каналов системы GSM-R более дешевых средств системы GSM в качестве не основного, а дополнительного источника информации;
- использование элементов децентрализованной системы интервального регулирования движения поездов;
- совершенствование нормативной базы в области надежности и обеспечения безопасности путем гармонизации с международными стандартами, их развитию на основе введения нормативной ответственности поставщиков технических средств, эксплуатационных и ремонтных организаций.

### АСУ ВСДП: ключевые особенности

С учетом реального опыта эксплуатации АСУ ВСДП можно сделать о ней следующие выводы:

- на основе обобщения мирового опыта создания АСУ ВСДП определены принципы повышения эффективности АСУ ВСДП для Российских железных дорог, обеспечивающие — в отличие от известных — возможность управления смешанным движением высокоскоростных и обычных поездов (до 160 км/ч), оперативное прогнозирование и выявление рисков нарушения безопасности, а также выработку превентивных решений для их предотвращения;
- отработана система управления смешанным движением высокоскоростных и обычных поездов, имеющая структуру прямого управления всеми объектами и контроля за ними из единого центра, формирование управляющих воздействий в зависимости от состояния технических средств в процессе их функционирования и отклонений в движении поездов от графика;
- для повышения точности выполнения заданного графика при пакетном движении высокоскоростных поездов, наличии однопутных участков с двухпутными вставками и возникновении сбойных ситуаций разработаны графические, интервальные и графико-интервальные алгоритмы управления, реализация которых обуславливает использо-

вание интеллектуальных комплексных систем управления и интервального регулирования движения поездов;

- база данных АСУ ВСДП основана на формировании единого координатного пространства, включающего цифровые модели пути с отображением на них объектов, и положения всех подвижных единиц;
- основным направлением повышения оперативности и достоверности информации, используемой в АСУ ВСДП, является совместное использование каналов систем радиосвязи, рельсовых цепей, а также информации, получаемой от систем спутниковой навигации и электронных карт маршрутов, хранящихся в памяти бортовых устройств;
- структура АСУ ВСДП предусматривает переход от управления движением поездов к управлению перевозочным процессом, в том числе проведением ремонтных работ в окнах и управлением в чрезвычайных ситуациях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гапанович В. А., Розенберг И. Н., Замышляев А. М. Построение системы ситуационного управления чрезвычайными ситуациями в ОАО «РЖД» // Надежность. М., 2010. №4.
2. Гапанович В. А., Уманский В. И. Потенциал использования спутниковых технологий в организации перевозочного процесса и обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте // Вестник ВНИИЖТ. М., 2011. №1. С. 15–19.
3. Иванов М. Т. Автодиспетчер для скоростного движения // Автоматика, связь, информатика. М.: 2010. № 8.
4. Ададулов С. Е., Шаров В. А., Разработка технологии перевозочного процесса, обеспечивающей системное повышение скорости и надежности доставки грузов на основе экономических критериев и создания интеллектуальных железнодорожных систем // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». М.: 2010. № 3.
5. Баранов Л. А., Балакина Е. П., Воробьева Л. Н. Алгоритмы централизованного управления движением поездов метрополитена // Мир транспорта. М., 2007. №2.
6. Гапанович В. А., Розенберг Е. Н., Абрамов А. А. Транспортное обслуживание зимних Олимпийских игр в Сочи // Железнодорожный транспорт. М., 2012. № 1.

## BOMBARDIER

ПРОИЗВОДИТ И ПОСТАВЛЯЕТ  
МИКРОПРОЦЕССОРНУЮ ЦЕНТРАЛИЗАЦИЮ **EBILock-950**



С 1996 ГОДА  
НА РЫНКЕ РОССИЙСКИХ  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

ООО «Бомбардьё Транспортейшн (Сигнал)»

129344, Москва, ул. Летчика Бабушкина, вл. 1, стр. 2.  
Тел.: (495) 925-53-70. Факс: (495) 925-53-75.  
www.ru.bombardier.com