

УДК 656.22.073.235

*П. В. КУРЕНКОВ, д-р экон. наук, профессор, А. А. ШАТОХИН, канд. техн. наук
Российский университет транспорта (МИИТ)*

*Е. Н. РОЗЕНБЕРГ, д-р техн. наук, профессор
АО «НИИАС»,*

*С. А. ФИЛИПЧЕНКО, канд. техн. наук
НТК «Управление перевозочным процессом»*

ЛОГИСТИКА ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Раскрыты решаемые задачи, описаны применяемые технические средства и варианты интервального регулирования движения поездов, показаны преимущества перехода на бесцветофорную сигнализацию использования локомотивной системы как главного инструмента регулирования.

Интервальное регулирование движения поездов согласно определению действующих стандартов – это обеспечение попутного следования поездов в правильном и неправильном направлении, обеспечиваемое системами безопасности для исключения превышения допустимой скорости и проезда запрещающих сигналов.

Интервальное регулирование движения поездов на современном этапе – это технология, обеспечивающая возможность пропуска потока поездов с минимальным интервалом между ними как в правильном, так и в неправильном направлениях, с возможностью соответствующей обработки состава на конечных станциях конкретного полигона.

Технология интервального регулирования предусматривает комплексное решение следующих задач:

- обеспечение безопасного минимального интервала между попутно следующими поездами;
- согласованное движение поездов в потоке по перегонам и станциям выделенного полигона;
- обеспечение требуемого объема по пропуску поездов в период ремонта инфраструктуры;
- обеспечение надежного отслеживания бортовыми средствами постоянных и временных ограничений скорости;

– функциональное резервирование и киберзащищенность технических средств интервального регулирования для сокращения потерь поездо-часов при отказах и сбоях в их работе;

– возможность оперативного изменения графика движения поездов для устранения конфликтных ситуаций в автоматическом режиме с учетом запланированных резервов в пропускной способности в системах интервального регулирования.

В определении ГОСТов не упоминаются варианты станционных систем, поскольку интервальное движение по перегонам не должно быть ограничено движением по станциям. Кроме того, в определениях действующих систем это касалось в основном только систем автоматической блокировки, которые рассматривались отдельно от работ станционных и локомотивных систем, а системы движения по перегонам и станциям, в целом, не рассматривались на больших полигонах, где ограничением являются возможности приема на станции, обработка составов, влияющая на количество поездов в подходящем или выходящем потоке к данным станциям.

Техническими средствами интервального регулирования движения поездов традиционно являлись системы автоматической блокировки и, в частных случаях, полуавтоматической блокировки. Автоматическая блокировка, распространенная на сети железных дорог, в основном была рассчитана на движение по «правильному» пути с интервалами порядка 8–10 минут и движение рассматривалось по светофорной сигнализации, а локомотивная сигнализация использовалась только как вспомогательная система, что отражено в соответствующих нормах ПТЭ, где приоритет при расхождении сигналов отдается путевым сигналам.

На современном этапе этот фактор должен быть пересмотрен, поскольку ключевым при повышении интенсивности становится практически равноценное движение как в «правильном», так и в «неправильном» направлениях следования по сигналам локомотивной сигнализации. Появление в последнее время систем локомотивной сигнализации нового поколения АЛС-ЕН, которые массово применяются на сети, позволяют говорить, что в структуре рельсовых цепей уже имеются два канала локомотивной сигнализации – старая АЛСН с 3 знаками и новая АЛС-ЕН с 48 знаками.

Технически автоматическая блокировка рассчитывалась при проектировании за последние 50 лет по критерию максимальной длины блок-участка, что достигало примерно 2,6 км и являлось фактически ограничивающим фактором при сближении интервалов, поскольку занятость участка 2,6 км независимо от длины поезда фактически лимитировала возможность пропуска дополнительных поездов по таким системам. При построении за последние 15 лет новой централизованной автоблокировки АБТЦ на основании тональных рельсовых цепей длина блок-участка составила примерно 1 км

или в пределах до 500 м в зонах пригородного движения, что позволило обеспечить возможность движения поездов с меньшими интервалами.

Одновременно с этим появилась задача с точки зрения безопасности введения защитного блок-участка. Защитный блок-участок – это участок за красным сигналом путевого светофора, который не кодируется и фактически является ограничительным элементом, если предыдущий красный сигнал локомотив проезжает с повышенной скоростью. Возможность проезда с повышенной скоростью красного сигнала заложена в старых системах локомотивной сигнализации АЛСН, так как, нажимая периодически рукоятку бдительности и двигаясь по КЖ с предельной скоростью, можно проехать сигнал светофора со скоростью проследования желтого сигнала и только после этого начать экстренное торможение. Такая технология была оправдана, когда массово на сети использовались только системы АЛСН числового кода с релейным дешифратором ДКСВ, которые дополнялись приборами контроля бдительности машиниста, наиболее массовым являлся прибор «Лобовкина». Технология была ориентирована на контроль действий машиниста без применения систем, которые могли автоматически исключить проезд запрещающего сигнала.

Появление на сети систем САУТ, обеспечивающей автоматическое торможение перед запрещающим сигналом, а в последующем и перед ограничением скорости, позволило рассматривать вариант защитного блок-участка как избыточный. При этом исключить защитный блок-участок можно только в условиях полного оснащения всех обращающихся на участке локомотивов устройствами безопасности с гарантированной кривой торможения на запрещающий сигнал. К таким устройствам относятся САУТ, системы КЛУБ-У и БЛОК. Технологически отсутствие таких систем на локомотиве позволит проехать запрещающий сигнал светофора, если система не оборудована такими техническими средствами и отсутствует защитный блок-участок.

Функции автоматической блокировки были более ограничены тем, что большинство проектных решений делалось в структуре односторонних автоблокировок. В этих случаях при движении по неправильному пути, как защитная мера, появлялся целый не кодированный блок-участок. Переход от таких систем (с АБ 2К на систему АБ 1К) исключает это условие, поэтому этот метод при планировании ресурсов применялся в режимах работы по неправильному пути.

Таким же элементом, снижающим влияние инфраструктуры, являлась попытка сократить защитный блок-участок при централизованной автоблокировке АБТЦ-М. В этом случае длина защитного блок-участка фактически могла быть сокращена на 2/3 за счет того, что в составе блок-участка при тональных рельсовых цепях имеется как минимум три отдельные рельсовые цепи, и только последняя из них, приближенная к запрещающему сигналу, может являться не кодированной, что также технически обусловлено рас-

пространением сигнального тока на бесстыковых рельсовых цепях. Остальные рельсовые цепи распределены между сигналами КЖ и желтого сигнала для повышения пропускной способности. Технические решения этого варианта были разработаны АО «НИИАС», утверждены ЦШ, но из-за того, что они могли применяться только при полном оснащении бортовых устройств системами КЛУБ-У, САУТ или БЛОК, на сети не применялись, хотя при замкнутых и ограниченных участках такая технология вполне могла быть достаточно эффективной.

В целом на сегодняшний день задача интервального регулирования как комплексная система решается поэтапно на основе следующих вариантов:

При первом варианте необходимо полностью оснастить подвижной состав современными приборами безопасности КЛУБ-У, БЛОК или САУТ варианта ЦМ. При этом модификация устройств КЛУБ-У (до 2007 года) должна быть заменена, поскольку задача движения на больших полигонах потребовала расширения памяти электронной карты на локомотиве, что практически невозможно при использовании этих приборов. Затраты Дирекции тяги на оснащение локомотивов Восточного полигона оцениваются в 2,4 млрд рублей, если эту проблему решать в течение 1–2 лет (цена – 1,85 млрд рублей). В ПТЭ ограничена скорость проследования желтого сигнала конкретной цифрой – 60 км/ч по правильному направлению и 50 км/ч по неправильному направлению движения. При наличии расчетных кривых торможения, гарантирующих безопасность, данное значение следует присваивать в виде переменной составляющей под безопасной кривой служебного торможения, которая фактически рассчитывается локомотивными приборами безопасности, исходя из информации о длине впереди лежащего блок-участка, уклона, массы поезда и эффективности тормозных средств. Все эти параметры при наличии электронной карты на локомотиве и заданных кривых торможения, с учетом требований безопасности, соблюдаются только в приборах нового поколения.

Подтверждением возможности реализации такой технологии являются проведенные в 2017 году на Свердловской железной дороге по заданию ЦЗ Валинского О.С. испытания варианта движения поездов с повышением скорости движения на желтый сигнал светофора по методике испытаний, согласованной всеми причастными, включая Департамент безопасности движения. При работе в этих режимах была подтверждена полная гарантия безопасности. Таким образом, наличие приборов безопасности нового поколения на локомотиве позволяет не только создать условия для возможности сокращения защитных участков на инфраструктуре, но и повысить скорость движения на желтый сигнал светофора. В связи с этим данный вариант применения интервального регулирования движения на перегоне позволяет повысить скорость движения и увеличить количество поездов на действующей инфраструктуре за счет замены бортовых устройств безопасности.

Второй вариант интервального регулирования движения поездов связан с тем, что при сближении поездов на минимальный интервал попутного следования возникает проблема у локомотивной бригады поезда, следующего за впереди идущим. Наличие на локомотиве устройств автоведения снимает ряд вопросов, но наиболее эффективным методом при этом является возможность организации связи по радиоканалу между первым и вторым локомотивами. В этом случае на карте системы автоведения виден впереди идущий локомотив, его скорость и обеспечивается не только гарантия безопасности по приборам, но и возможность устойчивого решения вождения сзади идущего в режиме исключения дополнительной нагрузки на локомотивную бригаду. Реализация такой технологии требует наличия на локомотивах современных систем безопасности с электронной картой и дополнительных систем автоведения, способных работать по цифровому радиоканалу, в качестве которых уже сегодня могут быть использованы типовые системы ИСАВП-РТ.

Учитывая, что система ИСАВП-РТ является комплексом, который применялся только для сдвоенных поездов, часть функциональных задач является избыточной и для проведения испытаний они могут быть использованы в имеющемся варианте, но впоследствии целесообразно иметь более дешевый аналог. Данный вариант должен быть опробован с точки зрения удобства работы для машиниста. Ограничительный фактор – зона действия цифровой радиосвязи на участке с последовательно идущими поездами. В качестве канала цифровой радиосвязи может быть использован только канал 160 МГц, поскольку на него имеются разрешения частот, соответствующие цифровые модемы, выпускаемые целым рядом предприятий. Возможность применения этого модема на более длинных участках теоретически рассмотрена и доказана, но практически возможность должна быть исследована и подтверждена на реальных участках работы локомотивов, поскольку влияние на цифровую радиосвязь могут оказывать и дополнительные факторы, в том числе наличие помех. Имеются разработанные технические решения по организации такой связи в тоннелях, что также необходимо учитывать.

Дополнительно проводятся исследовательские работы по определению возможности использования в качестве резервного канала, как это уже применяется в ИСАВП-РТ, диапазона 2 МГц, который широко распространен в поездах диспетчерской связи, что обеспечит резервирование канала передачи информации и может оказаться наиболее сильным фактором для последующего тиражирования, поскольку наличие частоты 2 МГц не является ограничением на всей сети железных дорог.

Третий вариант интервального регулирования предусматривает возможность организации последовательного движения поездов с наличием связи между поездами через центр управления радиосредствами. В качестве

такого технологического решения, имеющего приемлемое ценообразование, следует рассматривать систему DMR (Digital Mobile Radio), которая применяется и уже строится на сети дорог по заданию ЦСС. Около 7 тыс. км оборудованы такой системой в стационаре, но отсутствие модемов в этих технических решениях на локомотивах фактически сдерживает практическую реализацию данной инновации.

Технология была проверена на участке Горьковской железной дороги при реализации задачи повышения скорости движения поездов «Стриж» без изменения структуры напольных устройств. Преимуществом такой технологии является устойчивость цифровой радиосвязи на всем участке. Цифровая защита этой системы включает в последних вариантах наличие и киберзащитенности системных решений. В этом случае устойчивость радиосвязи и передаваемая информация между локомотивами или из центра на локомотив является достаточной и необходимой для организации интервального регулирования. По данным каналам будет также иметься возможность передачи оперативной информации на локомотивы об ограничениях скорости, экстренных остановках и т. д. Вариант три является комплексным развитием предыдущих вариантов, но с применением уже новых технических средств, обязательным будет являться и оснащение локомотивов цифровыми радио-модемами, производство которых организовано на предприятиях КБ «Пульсар-Телеком», АО «ИРЗ» и ООО «Апогей».

Такая технология позволяет рассматривать вариант согласованных действий на перегонах и станциях. В качестве примера необходимости работы по станционным путям по такой технологии следует считать возможность, с одной стороны, кодирования всех боковых путей, а не только оборудованных рельсовыми цепями, что значительно улучшает технологию работы движения по станционным путям. Кроме того, наиболее сложным на сегодняшний день вариантом является невозможность отправления поездов с боковых путей на занятый участок удаления.

При наличии цифрового радиоканала и возможности передачи на конкретный локомотив сигнала отправления эта задача выполняется, ограничивая допустимую скорость и длину маршрута до получения сигнала на участке удаления, а также сокращая интервалы между поездами, что фактически реализует динамический участок удаления, как новую технологическую задачу. Эта технология была отработана на станции Подлипки-Дачные Московской железной дороги в I квартале 2019 г., где в рамках НИОКР использовалась передача информации на локомотив по цифровому радиоканалу для кодирования боковых путей и замены датчиков САУТ на цифровые радиоканальные системы.

Четвертый вариант интервального регулирования движения поездов заключается в минимизации попутного следования поездов на основе нового поколения автоматической блокировки, которая применяет бессветофорную

сигнализацию с подвижным блок-участком с возможностью реализации подвижного участка и на главных путях станции. Главные пути станции и автоблокировка становятся единым комплексом управления. Технически такие решения были отработаны на МЦК и в последующем на этой базе строился ряд решений для участка в обход Украины. Технически и технологически они соответствуют стратегии перехода на локомотивную сигнализацию в качестве единственного средства регулирования в правильном и неправильном направлениях, что позволяет обеспечить минимальный интервал попутного следования поездов без использования радиоканалов. Ключевыми здесь являются правильность проектных решений при организации строительства участков на интенсивных линиях, где сегодня ведется строительство, и отработка увязки, как с микропроцессорными ЭЦ, так и с релейными системами. Учитывая, что фактические интервалы попутного следования при такой системе в режиме нагона могут обеспечивать до 30–40 % резерва от графического интервала попутного следования, такая технология при условии ее своевременного закладывания на особо интенсивных участках является наиболее эффективной.

Внедрять технологию в первую очередь целесообразно на двух полигонах, где она уже востребована. Это Северо-Кавказская железная дорога, в том числе и на вариантах модернизации ранее внедренных систем АБТЦ-М путем замены на них программных продуктов, а также Московская железная дорога, чтобы строительство всех участков МЦД шло по единой технологии управления движением. При этом для реализации максимальной возможности необходимо оснастить локомотивы приборами КЛУБ-У или БЛОК, в которых заложен прием информации АЛС-ЕН. Локомотивы, не оснащенные такой системой с гарантией безопасности, будут следовать со значительно большими интервалами.

Применение системы класса АБТЦ-МШ с данными функциями является наиболее эффективной мерой при применении таких технологий на участках, где уже понятно развитие интенсивного движения. Они определены АО «ИЭРТ», и движение в этих направлениях необходимо рассматривать в рамках программы долгосрочного развития в сочетании с перспективой получения дополнительных доходов при повышении плотного движения поездов на выделенном участке.

Ранее проектные решения интервального регулирования по перегонам и станциям не учитывали того, что ключевым являлись ограничения движения по станциям и с учетом перехода к регулярным графикам движения требуется наличие резервов пропускной способности для режима нагона, особенно в режиме сокращения пар при ремонте одного из путей.

Интервальное регулирование на больших полигонах дополнительно должно быть смоделировано с учетом возможности приема этих поездов на ограничивающих станциях по количеству боковых путей по технологии об-

работки составов на технических станциях, что будет также связано с автоматизацией процессов и с расчетом необходимого времени обработки при появлении большего потока поездов, чем это планировалось ранее. Технологические решения при организации интервального регулирования движения поездов становятся главными, поскольку они являются завершающим этапом при применении интервального регулирования.

По этим же направлениям движется мировая практика, и в качестве стратегических задач, совпадающими с данными положениями, опираясь на подходы и концепции, изложенные в работах [1–16], следует отметить:

1 Переход на бесцветофорную сигнализацию использования локомотивной системы как главного инструмента регулирования.

2 Применение цифрового радиоканала как дополнительного средства передачи информации на локомотив, а в ряде случаев совместно с рельсовыми цепями.

3 Использование моделирования как фактора, гарантирующего эффективность применяемых технических средств, а также возможности рассмотрения не только отдельных участков, но и больших полигонов.

Системы автоматики и телемеханики являются обязательным элементом структуры цифровой железной дороги для решения задач интервального регулирования.

Технология интервального регулирования является эффективным средством при организации пассажирского и грузового движения в условиях ограничений на развитие инфраструктуры. Необходимо включение данных проектов, как обязательной части в ДПР.

Развитие систем интервального регулирования требует перераспределения аппаратных средств системы управления от напольных устройств к станционным и бортовым комплексам, что обеспечивает сокращение капитальных и эксплуатационных затрат.

Реконструкция и новое строительство систем интервального регулирования должны осуществляться в качестве комплексных проектов на выделенных полигонах после моделирования влияния функциональных возможностей технических средств на пропускную способность.

Наиболее эффективное развитие систем интервального регулирования в рамках стратегии цифровой железной дороги обеспечит использование в их составе цифровых сетей радиосвязи, а также расширение количества источников информации о движении поездов с применением технологии интернет-вещей.

Структура системы интервального регулирования должна учитывать, как традиционные методы защиты от отказов технических средств с доказательством функциональной безопасности, так и расширение учитываемых видов воздействий в виде электромагнитных и информационных атак.

Методы защиты по кибербезопасности должны предусматривать не только блокирование последствий атак, но и сохранение возможности движения поездов в ограниченном объеме (по главным путям станций и с увеличенным интервалом по перегону).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Транспортные коридоры и оси в цифровой транспортной системе / Г. В. Бубнова [и др.] // Транспорт: наука, техника, управление : сб. ОИ / ВИНТИ. – 2017. – № 7. – С.11–20.

2 **Бубнова, Г. В.** Цифровая логистика и безопасность цепей поставок / Г. В. Бубнова, П. В. Куренков, А. Г. Некрасов // Логистика. – 2017. – № 7. – С.46–50.

3 Модернизация сортировочных станций на железных дорогах Северной Америки / Б. С. Костюк [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 3. – С. 74–77.

4 Модернизация сортировочных станций в Северной Америке / Б. С. Костюк [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 11. – С. 71–75.

5 **Котляренко, А. Ф.** Взаимодействие на транспортных стыках при внешнеторговых перевозках / А. Ф. Котляренко, П. В. Куренков // Железнодорожный транспорт. – 2002. – № 2. – С. 48–52.

6 **Куренков, П. В.** Задачи ситуационно-процессного управления сортировочной станцией / П. В. Куренков, М. А. Нехаев // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 4. – С. 29–31.

7 **Куренков, П. В.** Моделирование работы сортировочной станции в интеллектуальной системе управления перевозками / П. В. Куренков, М. А. Нехаев // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 9. – С. 20–22.

8 **Куренков, П. В.** Применение форсайт-технологий для повышения эффективности работы сортировочной станции / П. В. Куренков, М. А. Нехаев // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 4. – С. 25–28.

9 **Нехаев, М. А.** Ситуационно-логистическая система управления перевозочным процессом / М. А. Нехаев, П. В. Куренков, В. А. Мартыничук // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – № 5 (28). – С. 25–35.

10 **Овсянников, И. А.** Дорожный ситуационно-логистический центр управления хозяйствами ОАО «РЖД» / И. А. Овсянников, П. В. Куренков // Логистика сегодня. – 2004. – № 5. – С. 20–30.

11 **Полянский, Ю. А.** Дорожный центр ситуационного управления. Проблема создания и функционирования / Ю. А. Полянский, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2003. – № 1. – С. 51–66.

12 **Полянский, Ю. А.** Топологическое моделирование взаимодействия хозяйств железной дороги / Ю. А. Полянский, П. В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление : сб. НТИ / ВИНТИ РАН. – 2003. – № 7. – С. 8–18.

13 Прорывные инновационные технологии для инфраструктур. Евразийская цифровая железная дорога как основа логистического коридора нового Шелкового пути / И. А. Соколов [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Том 5, № 9. – С. 102–118.

14 Автоматизированный мониторинг парка грузовых вагонов / С. А. Филипченко [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 8. – С. 14–18.

15 Электронизация учёта вагонных парков – важный шаг к интеллектуализации управления эксплуатационной работой / С. А. Филипченко [и др.] // Вестник транспорта. – 2015. – № 8. – С. 32–41.

16 **Филипченко, С. А.** Современная технология учёта и мониторинга парка грузовых вагонов / С. А. Филипченко, Н. В. Ледеява, П. В. Куренков // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 2. – С. 58–63.

P. KURENKOV, Grand PhD, Professor, A. SHATOKHIN, PhD

Russian University of Transport (MIIT)

E. ROSENBERG, Grand PhD, Professor

JSC "NIAS"

S. FILIPCHENKO, PhD

STC "Management of the transportation process"

LOGISTICS OF INTERVAL TRAIN REGULATION

The problems to be solved are disclosed, the applied technical means and variants of the interval regulation of train movement are described, the advantages of switching to traffic-free signaling of the use of the locomotive system as the main regulation tool are shown.

Получено 15.09.2020

**ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг
(проблемы повышения эффективности).
Вып. 13. Гомель, 2020**

УДК 339.5

О. В. МОРОЗОВА, канд. экон. наук, доцент

Белорусский государственный университет транспорта

Н. И. БУКВАНЁВА, инспектор таможенной службы

Гомельская таможня

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕТАРИФНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВНЕШНЕТОРГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Рассмотрены теоретические аспекты функционирования института мер нетарифного регулирования Республики Беларусь, которые непосредственно влияют на транспортно-логистический аспект внешней торговли, представлена оценка эффективности их применения и предложены направления совершенствования.

Особенности формирования промышленного комплекса Республики Беларусь, ее географическое положение и исторические связи определили вы-