

Системы и устройства автоматики и телемеханики

УДК 004.052+656.25

**П. А. Попов, канд. техн. наук,
И. Н. Королев,
П. Д. Мыльников**

Центр систем управления и обеспечения безопасности движения
Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации,
автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ КОРРЕКТНОСТИ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СРЕДСТВАМИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

В статье исследуются особенности работы системы управления движением поездов по радиоканалу, связанные с обработкой информации от традиционных систем железнодорожной автоматики и телемеханики, и данных от бортового оборудования локомотивов. Существующие системы железнодорожной автоматики и телемеханики позволяют контролировать движение поезда дискретно, по занятию рельсовых цепей. Современные системы управления работают на принципах координатного регулирования с передачей информации с помощью цифрового радиоканала и используют более точную информацию о местоположении поезда, вычисленную бортовой навигационной системой. Однако вероятность ошибочного определения местоположения бортовым оборудованием локомотива не учитывается требованиями, предъявляемыми к системам железнодорожной автоматики и телемеханики. Поэтому в статье предлагается метод совместной обработки информации о состоянии рельсовых цепей от локомотивов и от традиционных систем автоматики. Сравнивается информация о реальном местоположении поезда и информация, поступающая в центр радиоблокировки о занятости и свободности рельсовых цепей с оценкой времени задержки поступления данных. Описан процесс вычисления координат бортовым оборудованием и передачи его в центр радиоблокировки. Сопоставление двух источников информации в центре радиоблокировки с учетом задержек передачи данных позволяет осуществлять контроль работы бортовой системы позиционирования при проходе границы рельсовых цепей, что в дальнейшем дает возможность гарантировать работоспособность средств навигации на борту. Кроме того, данный способ позволяет оценить длину состава, что необходимо для расчета времени срабатывания тормозной пневматической системы. Результаты данной работы позволяют на практике обеспечить реализацию и надежное функционирование координатной системы интервального регулирования движения поездов.

система интервального регулирования, центр радиоблокировки, рельсовая цепь, цифровой радиоканал, спутниковая навигация, координаты, бортовое оборудование локомотива, ERTMS/ETCS

Введение

Современные системы интервального регулирования в качестве основного средства для передачи данных между бортовым и стационарным оборудованием используют цифровой радиоканал. Наличие двунаправленного канала для обмена данными позволяет реализовать функции управления, недоступные ранее. Перспективным направлением развития является переход к координатному регулированию движения поездов, при котором расчет кривых торможения осуществляется на основе текущего положения поезда. Такой подход требует наличия надежной и достаточно точной бортовой системы позиционирования. В Европейской системе ERTMS/ETCS в качестве системы позиционирования используются одометры (датчики путевой скорости) и евробализы – точечные метки [1–2]. В документе [3] устанавливаются требования к точности работы системы навигации, где погрешность определения евробализы не должна превышать ± 5 м, а погрешность одометров не должна превышать $\pm 5\%$ от пройденного пути. Сообщение о местоположении содержит текущую координату и доверительный интервал, связанный с погрешностью вычисления позиции. В алгоритмах интервального регулирования используется координата с учетом максимального доверительного интервала.

Отечественные бортовые системы позиционирования устройств безопасности КЛУБ-У, БЛОК основаны на комплексировании спутниковой навигации и датчиков путевой скорости одометров. В настоящее время они демонстрируют точность в пределах нескольких метров. К сожалению, спутниковая навигация не обладает достаточной надежностью и безошибочностью, что не позволяет перейти к использованию координатной системы управления движением. Хорошо известен случай, произошедший 2 апреля 2014 г., когда все 24 спутника системы ГЛОНАСС выдавали некорректные данные. В мире проводится множество научно-исследовательских работ по реализации системы управления движением на основе спутниковой навигации. Наиболее известными проектами являются SATLOC [4], GRAIL [5], 3INSAT [6] и LOCOPROL [7]. К сожалению, сегодня ни один из этих проектов не получил дальнейшего развития и внедрения в эксплуатацию.

Данная работа посвящена комплексированию бортовых навигационных данных и информации о состоянии рельсовых цепей (РЦ) при их совместной обработке в центре радиоблокировки (ЦРБ).

1 Общие принципы поступления информации в центр радиоблокировки

Принципом работы системы интервального регулирования движения поездов на основе цифрового радиоканала [8] является получение информации

от устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, прием данных от бортовых устройств, их обработка и формирование ответственных команд для подвижного состава. Основным объектом при такой схеме управления является ЦРБ, имеющий всю доступную и полную информацию. Схема информационных потоков данных показана на рис. 1.

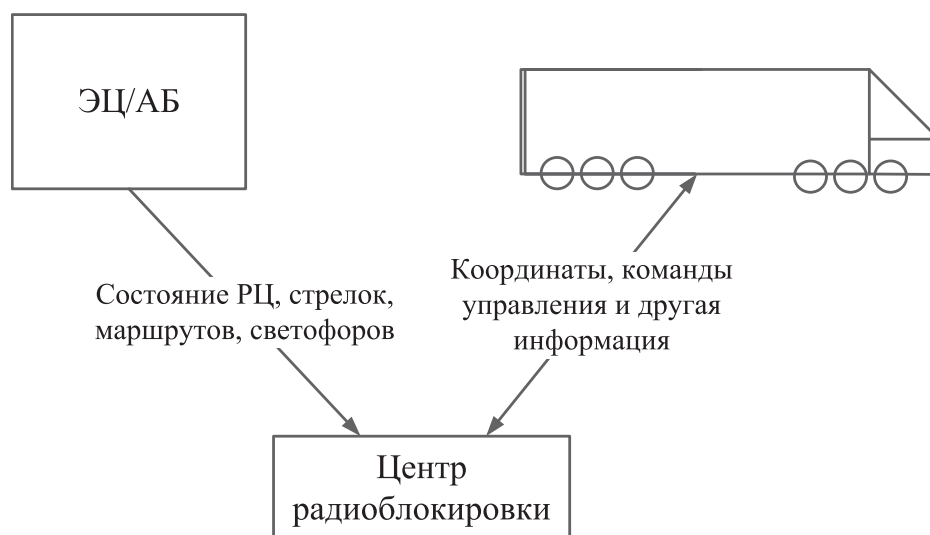


Рис. 1. Схема потоков данных

Задача ЦРБ – правильно обработать получаемые данные, часть из которых должна соответствовать друг другу. В общем случае координаты поезда с учетом его длины должны соответствовать занятости РЦ под ним. Информация в ЦРБ поступает дискретно и с задержкой относительно реальной ситуации. Эти особенности важно и необходимо учитывать при обработке поступающих данных. В статье [9] описаны ошибки, которые могут возникнуть в случае пренебрежения задержками поступления информации в ЦРБ.

2 Особенности поступления информации о состоянии рельсовых цепей в центр радиоблокировки

Информация о занятости РЦ поступает в ЦРБ с задержкой с момента прохождения головой поезда границы РЦ (рис. 2). Данная задержка обусловлена временем размыкания реле, временем обработки сигнала в аппаратуре ЭЦ или АБ, временем передачи в ЦРБ и (в зависимости от системы ЭЦ или АБ) составляет от 4 до 7 секунд.

Фактически ЦРБ получает информацию о занятости в точке A , которая находится на расстоянии $V_{п} \cdot T_3$ от границы РЦ ($T_{п}$ – скорость поезда). Освобождение рельсовой цепи происходит, когда хвост поезда находится в точке B на расстоянии $V_{п} \cdot T_0$ от границы РЦ.

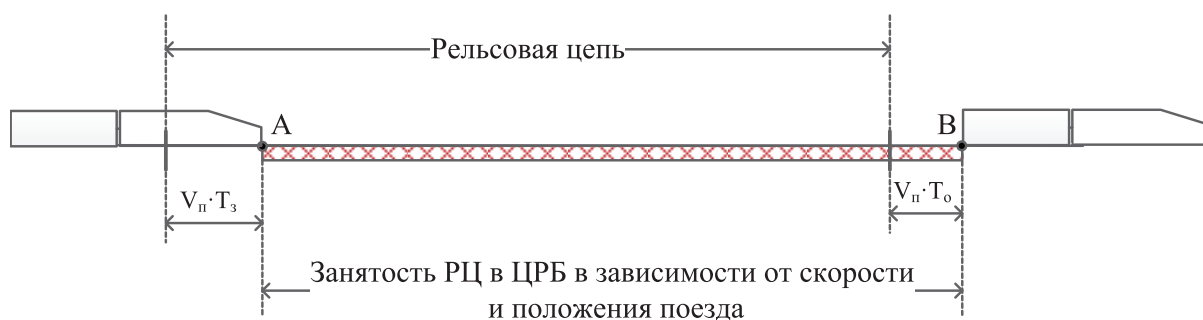


Рис. 2. Восприятие информации о состоянии рельсовой цепи

Время T_3 имеет как постоянную составляющую, так и случайную. Постоянная составляющая зависит от задержек срабатывания реле при размыкании контактов и времени передачи информации. Случайная составляющая основана на том, что цифровая аппаратура (УВК) работает циклически и опрашивает реле одновременно за цикл работы, который обычно составляет 500 или 1000 мс. Случайная составляющая в рамках одного устройства обработки распределена по равномерному закону и зависит от того, как близки мы к моменту опроса. При наличии в цепи передачи данных нескольких устройств можно грубо предположить, что время T_3 распределено по нормальному закону (в соответствии с теоремой Ляпунова). Практически время T_3 будет находиться в диапазоне 4–7 секунд в зависимости от используемого оборудования и количества звеньев в сети передачи данных. В дальнейшем в алгоритмах будет использоваться в качестве T_3 максимально возможное время задержки поступления информации о занятии РЦ, принимаемое за 7 секунд.

Время T_0 сопоставимо со временем T_3 и отличается лишь тем, что при освобождении РЦ учитывается время замыкания контактов реле. При использовании аппаратуры цифровых РЦ задержки T_0 , T_3 также будут отмечаться, поскольку обусловлены временем фильтрации и цифровой обработки сигналов.

При использовании РЦ с изостыками границей считаются координаты изостыка. При использовании тональных РЦ необходимо учитывать плавающую зону дополнительного шунтирования при определении границ РЦ, которая зависит от таких факторов, как частота сигнального тока, коэффициент перегрузки на входе путевого приемника, сопротивление изоляции балласта. Считается, что длина зоны дополнительного шунтирования составляет примерно 10% от длины самой РЦ [10]. При проектировании принято выносить точку подключения аппаратуры ТРЦ по направлению движения за светофор на 40 м во избежание влияния зоны дополнительного шунтирования и перекрытия светофора перед поездом. В [11] приводится зависимость длины зоны дополнительного шунтирования от частоты тональной РЦ и других параметров. В дальнейшем в алгоритмах зона дополнительного шунтирования учитывается в виде 10% от длины РЦ, но не более 40 м. Особенность плавающей зоны дополнительного шунтирования важно учитывать в алгоритмах контроля занятия РЦ.

Данные в ЦРБ от устройств ЭЦ/АБ передаются циклически по проводным каналам связи, что позволяет реализовать достаточно малый период в размере одной секунды. На рис. 2 и последующих состоянии занятости РЦ показывается сплошным заштрихованным прямоугольником.

3 Особенности поступления координат от бортового оборудования

Бортовая навигационная система вычисляет свое местоположение каждые 500 мс, основываясь на данных спутниковой навигационной системы и путевых датчиков скорости. Первоначально местоположение определяется на основе спутниковой навигации. В процессе движения координаты определяются на основе комплексирования данных. Получение данных и их обработка на борту занимают один цикл, что составляет 500 мс. В ЦРБ координаты с сообщением о местоположении поступают циклически, с периодом 5 секунд. В соответствии с требованиями к системе связи в документе [12] максимальная задержка при передаче данных не должна превышать 500 мс в 99% случаев. Около 500 мс требуется на получение и обработку данных в ЦРБ. В среднем задержка получения данных от реального положения локомотива составляет 1,5 секунды.



Рис. 3. Представление координат в центре радиоблокировки

На рис. 3 показано дискретное получение координат в ЦРБ, где незакрашенной точкой показано полученное местоположение, а закрашенной точкой – реальное положение локомотива в момент получения данных с учетом задержки передачи в размере $T_n = 1,5$ с. Скобками вокруг каждой незакрашенной точки показан доверительный интервал, где может находиться голова поезда. Доверительный интервал рассчитывается на основе информации о погрешностях (среднеквадратичном отклонении) спутниковой навигации и погрешностях датчиков путевой скорости. Доверительный интервал в процессе следования не статичен и может изменяться. К примеру, на рис. 3 для сообщения k показан больший доверительный интервал. Доверительный интервал будет увеличиваться при большом значении среднеквадратичного отклонения спутниковой навигации или при движении в тоннеле, когда положение вычисляется на основе датчиков путевой скорости.

4 Обработка данных в центре радиоблокировки

В ЦРБ ведется обработка данных от двух источников. Каждой координате, полученной от бортового устройства, ставится в соответствие РЦ, где находится голова поезда. После этого проверяется состояние РЦ. Большую часть времени она должна находиться в состоянии занятости. Однако после прохода границы РЦ возможна ситуация, когда координата поезда попадает на РЦ в состоянии свободности. При нормальной работе это происходит из-за задержки получения информации о состоянии РЦ в центре радиоблокировки.

Занятость РЦ при прохождении поездом ее границы отчасти позволяет контролировать местоположение поезда и соответственно корректность работы бортовой системы позиционирования. На рис. 4 показан один из возможных вариантов получения данных в ЦРБ.



Рис. 4. Представление координат в центре радиоблокировки с учетом скорости и положения поезда

Координата поезда находится между координатами границ новой РЦ. В этот момент в ЦРБ данная РЦ считается свободной из-за задержки поступления данных о занятии. В то же время известно, что информация о занятости РЦ должна поступить спустя время $T_з$, соответствующее нахождению головы поезда в точке А. На основании информации о скорости поезда, поступившей с сообщением 2, можно оценить момент времени поступления информации о занятии РЦ. Расстояние от границы РЦ до точки 2 обозначим L , тогда время, прошедшее с момента пересечения границы РЦ, $t = \frac{L}{v_п} + T_п$. С учетом максимально возможной задержки времени поступления информации о занятии РЦ $T_з$ с момента получения сообщения 2 занятость РЦ должна наступить спустя время $(T_з - t)$. Отсутствие занятия РЦ может свидетельствовать либо о проблемах с РЦ и возникновении ложной свободности, что маловероятно, либо об ошибке бортовой системы позиционирования.

Основными событиями, информация о которых обрабатывается в ЦРБ при проследовании поездом границы РЦ, являются занятие следующей по ходу

движения РЦ и получение координаты, находящейся на следующей РЦ. Ряд факторов, влияющих на указанные события, носит случайный характер и зависит:

- от задержки поступления информации о координате, соответствующей новой РЦ;
- положения координаты в границах доверительного интервала (фактически погрешности бортовой системы позиционирования);
- задержки поступления информации о занятии новой РЦ;
- плавающей границы тональной РЦ.

Пусть $t_{\text{борт}}$ – время поступления сообщения от бортового оборудования с координатой, находящейся на новой РЦ; $t_{\text{РЦ}}$ – время поступления информации о занятии новой РЦ по ходу движения поезда. Два эти события должен разделять небольшой промежуток времени, который можно оценить. Рассчитаем максимально возможное время между этими событиями в соответствии с рис. 5.



Рис. 5. Расчет времени $t_{\text{РЦ}} - t_{\text{борт}}$

При поступлении сообщения 2 координата находится на новой РЦ, однако доверительный интервал заходит на предыдущую РЦ и реальное положение головы поезда – на предыдущей РЦ, поэтому фактически занятия новой РЦ не произошло. Это означает, что оценку необходимо давать по координате поезда с учетом вычета доверительного интервала, т. е. как только левая оценка положения головы поезда пересечет границу РЦ. (Под левой оценкой подразумевается координата локомотива за вычетом доверительного интервала – погрешности определения координат.) Для тональных РЦ необходимо учитывать координату границ РЦ с учетом минимально возможной зоны дополнительного шунтирования. С этого момента, спустя время T_3 , должна поступить информация о занятии следующей РЦ. В случае отсутствия сведений о занятости ЦРБ должен рассматривать данную ситуацию как сбой бортовой системы позиционирования и перевести систему в защитное состояние, что в большинстве случаев будет означать переход на работу по каналу АЛС (при его наличии).

В ряде случаев, с учетом цикличности поступления координат с периодом 5–6 секунд, возможна ситуация, когда информация о занятии следующей РЦ

поступит раньше, чем бортовое оборудование пришлет сообщение о координате, соответствующей данной РЦ. Такая ситуация показана на рис. 6.

Координата в сообщении 2 совпадает с концом предыдущей РЦ, сообщение 3 о координате поступит через 5 секунд, а занятость следующей РЦ может наступить через 4–5 секунд. При такой ситуации в системе ERTMS/ETCS ЦРБ не знает, наступила занятость из-за движения контролируемого поезда или, к примеру, из-за излома РЦ, и посылает сообщение об условной экстренной остановке с координатой, соответствующей границам РЦ. Бортовое оборудование игнорирует данное сообщение, если поезд прошел границу РЦ, и применяет экстренное торможение в ином случае.

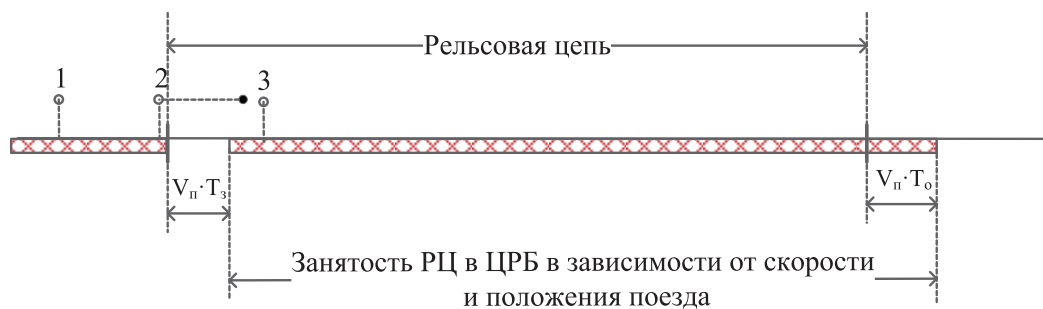


Рис. 6. Иллюстрация занятия РЦ при отсутствии сообщения о координате

Альтернативным вариантом работы является расчет в ЦРБ возможного положения поезда на момент прихода информации о занятии РЦ.

Пусть от момента поступления сообщения 2 до момента прихода информации о занятии РЦ прошло время t , скорость поезда V_p , доверительный интервал ΔS , тогда поезд может находиться на расстоянии $(V_p t + \Delta S)$ от координаты, полученной в сообщении 2. Если рассчитанная новая точка находится на новой РЦ, то работа продолжается в нормальном режиме.

5 Оценка длины поезда по состоянию РЦ

Длина поезда играет важную роль при расчете кривых торможения в европейской системе управления движением. В ERTMS/ETCS машинист перед поездкой должен ввести длину поезда, измеряемую в метрах, вручную. Эти данные влияют на безопасность движения, поэтому при вводе их машинистом крайне высока вероятность ошибки. В отечественных устройствах безопасности КЛУБ-У, БЛОК машинист вводит количество вагонов и количество осей, на основе которых вычисляется длина поезда. Однако полученные данные не используются для расчета кривой торможения из-за соображений безопасности и всегда берется поезд с наихудшими допустимыми тормозными характеристиками, движущийся под уклон и обладающий наибольшей длиной, выраженной в количестве осей.

Оценку длины поезда можно дать, сопоставив момент освобождения РЦ и координату головы поезда при получении информации об этом от бортового оборудования. Для компенсации разницы между моментом освобождения РЦ и получением координаты от бортового оборудования необходимо ввести поправку как разницу во времени между этими событиями с учетом времени задержек, умноженную на скорость поезда. Длина поезда оценивается как разность между координатой границы РЦ и уточненной координатой бортового оборудования.

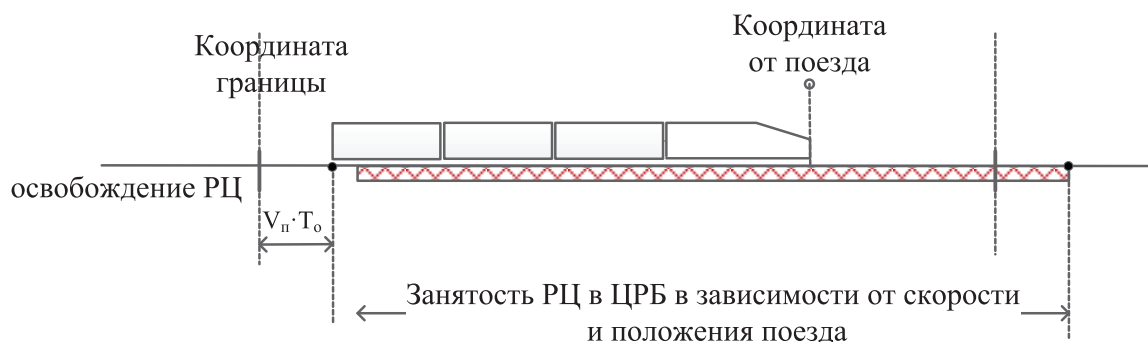


Рис. 7. Оценка длины поезда по освобождению РЦ

Данная оценка является весьма грубой, но ее можно уточнить, измерив длину поезда при освобождении каждой РЦ и выполнив статистическую обработку результатов измерений.

Заключение

Комплексирование данных от нескольких источников различной физической природы в ЦРБ позволяет реализовать функциональность систем ЖАТ, которая ранее была невозможна из-за ошибок бортовой системы позиционирования. Такое решение позволяет заблаговременно обнаружить ошибки координатной системы интервального регулирования, влияющие на безопасность движения поездов. В случае нахождения несоответствия между навигационными данными бортовой системы позиционирования и информации о занятии и освобождении РЦ предлагается перевести систему в защитное состояние, соответствующее движению по сигналам автоматической локомотивной сигнализации с уменьшенной скоростью. Следует отметить, что предложенный способ оценки ошибки позиционирования «работает» в пределах «окна», размер которого зависит от используемых аппаратных средств. Погрешность оценки местоположения поезда на основе прохода границ РЦ должна учитываться как одно из слагаемых длины защитного участка.

Предложенное в статье решение позволит обеспечить безошибочность работы системы координатного регулирования и управления движения поездов

по радиоканалу и в то же время избежать внедрения дорогостоящих евробализ [1], используемых в европейской системе управления ERTMS/ETCS для системы позиционирования.

Внедрение координатных систем интервального регулирования движения поездов позволяет получить преимущества по пропускной способности, по точности прицельного торможения.

Библиографический список

1. Попов П. А. Подсистема евробализов. Техническое описание / П. А. Попов, А. С. Адагуров // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 9. – С. 14–15.
2. ERTMS, Subset-036//FFFIS for Eurobalise. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Set-2-Index009-SUBSET-036%20v300.pdf>.
3. ERTMS, Subset-041 // Performance Requirements for Interoperability [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Set-2-Index014-SUBSET-041%20v310.pdf>.
4. Barbu G. SATLOC – GNSS based train protection for low traffic lines / G. Barbu, G. Hanis, F. Kaiser, B. Stadlman // SIGNAL+DRAHT. – 2014. – Issue 4. – Pp. 49–53.
5. GRAIL project // GNSS-based railway application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grail2.ineco.es/Grail2/html/main.jsp>.
6. 3INSAT – Train integrated safety satellite system [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://artes-apps.esa.int/projects/3insat>.
7. Rousseau M. The LOCOPROL project (Low Cost satellite based train location system for signaling and train PROtection for low density railway Lines) / M. Rousseau, D. Cadet // Alstom Transport France Technical Directorate [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.uic.org/cdrom/2006/wcrr2006/pdf/799.pdf>.
8. Попов П. А. Системы управления движением по радиоканалу / П. А. Попов, И. Н. Королев // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 5. – С. 17–18.
9. Kresse M. Systematic handling of transmission and computation delays at RBC interfaces / M. Kresse, D. Skutsch, K. Kmietsch // SIGNAL+DRAHT. – 2015. – Issue 3. – Pp. 24–28.
10. Воронин В. А. Техническое обслуживание тональных рельсовых цепей : учеб. пособие / В. А. Воронин, В. А. Коляда, Б. Г. Цукерман. – М. : ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 93 с.
11. Дмитриев В. С. Системы автоблокировки с рельсовыми цепями тональной частоты / В. С. Дмитриев, В. А. Минин. – М. : Транспорт, 1992. – 182 с.
12. ERTMS, Subset-093 // GSM-R Interfaces Class 1 Requirements [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/SUBSET-093.aspx>.

*Popov Pavel A.,
Korolev Ivan N.,
Mylnikov Pavel D.*

Center of traffic control and safety ensuring systems
Research and design institute for information technology,
signaling and telecommunications on railway transport

Basic principles of onboard positioning system correctness test by railway automation means

The article describes radio channel based train traffic control system features related to the processing of data from traditional signaling systems and cab equipment. Existing railway automation and remote control systems allow to check train position discretely by track circuit occupation. Modern control systems are based on coordinate regulation principles with data transmission by digital radio channel and use more accurate data about train position processed by onboard navigation system.

However the probability of wrong positioning exceeds the requirements to railway automation systems. Therefore the method of mutual processing of data from cab and traditional automation systems about track circuits condition is offered in the paper. The analysis of correspondence of real train position and data about track circuit occupation received in radio block system center with estimation of data receiving delays was conducted. The process of coordinates calculation and transmission to radio block system center by cab equipment is described. Comparison of two data sources in radio block system center considering data transmission delays allows to check onboard positioning system at the moments of track circuit borders passage and ensure onboard navigation system operability. Moreover this method allows to estimate train length that is necessary to calculate the time to pneumatic brake system operation. Results of this research allow to ensure the implementation and reliable operation of coordinate interval train traffic control system.

interval train traffic control system, radio block system center, track circuit, digital radio channel, satellite navigation, coordinates, onboard cab equipment, ERTMS/ETCS

Reference

1. Popov P.A., Adadurov A. S. Eurobalise subsystem. Technical description. Automatics, Communication, Informatics, 2010, № 9, pp. 14–15.
2. ERTMS, Subset-036. FFFIS for Eurobalise. Access mode : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Set-2-Index009-SUBSET-036%20v300.pdf>.
3. ERTMS, Subset-041. Performance Requirements for Interoperability. Access mode : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/Set-2-Index014-SUBSET-041%20v310.pdf>.
4. Barbu G., Hanis G., Kaiser F., Stadlman B. SATLOC – GNSS based train protection for low traffic lines. SIGNAL+DRAHT, 2014, Issue 4, pp. 49–53.
5. GRAIL project // GNSS-based railway application. Access mode : <http://grail2.ineco.es/Grail2/html/main.jsp>.

6. 3INSAT – Train integrated safety satellite system. Access mode : <https://artes-apps.esa.int/projects/3insat>.
7. Rousseau M., Cadet D. The LOCOPROL project (Low Cost satellite based train location system for signaling and train PROtection for low density railway Lines). Alstom Transport France Technical Directorate. Access mode : <http://www.uic.org/cdrom/2006/wcrr2006/pdf/799.pdf>.
8. Popov P.A., Korolev I.N. Radio channel traffic control systems. Automatics, Communication, Informatics, 2012, № 5, pp.17–18.
9. Kresse M., Skutsch D., Kmietsch K. Systematic handling of transmission and computation delays at RBC interfaces. SIGNAL+DRAHT, 2015, Issue 3, pp. 24–28.
10. Voronin V.A., Kolyada V.A., Tsukerman B.G. Maintenance of audio frequency track circuits : Tutorial. Moscow, GOU «Training center for railway transport education», 2007, 93 p.
11. Dmitriev V.S., Minin V.A. Automatic line block systems based on audio frequency track circuits. Moscow, Transport, 1992, 182 p.
12. ERTMS, Subset-093. GSM-R Interfaces Class 1 Requirements. Access mode : <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Pages/SUBSET-093.aspx>.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии А. Б. Никитиным.
Поступила в редакцию 10.09.2015, принята к публикации 28.09.2015.*

ПОПОВ Павел Александрович – кандидат технических наук, руководитель Центра систем управления и обеспечения безопасности движения Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»).

e-mail: p.porov@vniias.ru

КОРОЛЕВ Иван Николаевич – начальник сектора Центра систем управления и обеспечения безопасности движения Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»).

e-mail: i.korolev@vniias.ru

МЫЛЬНИКОВ Павел Дмитриевич – начальник сектора Центра систем управления и обеспечения безопасности движения Научно-исследовательского и проектно-конструкторского института информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (ОАО «НИИАС»).

e-mail: p.mylnikov@vniias.ru

© Попов П. А., Королев И. Н., Мыльников П. Д., 2015