

Стандартизация и сертификация

УДК 656.25:681.32

**Д. С. Марков, канд. техн. наук,
О. А. Наседкин, канд. техн. наук,
Д. А. Васильев,
М. А. Бутузов**

Кафедра «Автоматика и телемеханика на железных дорогах»,
Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭТАПОВ РАЗРАБОТКИ И ДОКАЗАТЕЛЬСТВА БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Проведен анализ основных понятий в области безопасности железнодорожной автоматики и телемеханики. Показана необходимость развития понятийного аппарата в указанной области в соответствии с требованиями различных стадий жизненного цикла и, в первую очередь, тех, которые связаны с процессами разработки и доказательства безопасности. В существующих нормативных документах используется понятие «функциональная безопасность», которое, к сожалению, трактуется по-разному. Кроме того, определение этого термина связано с понятиями «риск» и «ущерб», что характеризует целесообразность его использования для нормирования показателей безопасности инновационных разработок и оценки проектных решений. Использование понятия «функциональная безопасность» для разработки и доказательства безопасности систем железнодорожной автоматики затруднено его недостаточной содержательностью и отсутствием методик. В соответствии с этим предложен методический подход и система понятий для стадий разработки и доказательства безопасности. В качестве основного предложено использовать понятие «безопасность функционирования», которое включает следующие сопутствующие понятия: «технологическая безопасность», «технологическая функция», «безопасное поведение» и т. п.

технология и безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики; жизненный цикл; разработка и доказательство безопасности; безопасность функционирования; функциональная безопасность; технологическая функция; технология ЖАТ; безопасное поведение; технологическая безопасность

Введение

В основе железнодорожного перевозочного процесса лежит совокупность технологических процессов и операций для безопасного перемещения

пассажиров или(и) грузов по железной дороге. Основой реализации технологических аспектов перевозочного процесса является совокупность функционально взаимосвязанных технических средств и технического персонала. Таким образом, общую безопасность перевозочного процесса можно представить как совокупность технологической безопасности, безопасности технических средств и безопасности действий технического персонала.

Нельзя утверждать, что терминологические аспекты, связанные с вопросами безопасности функционирования систем управления предыдущего поколения, не интересовали ученых и инженеров. Об этом свидетельствует ряд научных работ и публикаций [1–4]. Однако переход на современную элементную базу в значительной мере обострил эту проблему. Причиной тому стала специфика современных технических средств, которая, с одной стороны, позволила расширить спектр технологических задач, а с другой стороны, за длительный период ее применения выявила ряд особенностей, не характерных для аппаратуры предыдущего поколения, которые необходимо учитывать при ее разработке, эксплуатации и сопровождении. Это, прежде всего:

- наличие аппаратной и программной составляющих и, как следствие, распределение функциональных задач и задач обеспечения безопасного функционирования между ними;

- сложность аппаратных средств и специфика программного обеспечения как объекта разработки и экспертизы, многообразие подходов к реализации функциональности систем и методов обеспечения безопасности;

- применение как общепромышленных аппаратных и программных средств, так и специально разработанных для решения прикладных задач;

- распределение задач по разработке системы между несколькими разработчиками;

- оценка результатов разработки на различных стадиях жизненного цикла и, следовательно, необходимость формулировки критериев, методов и средств оценки для каждой стадии разработки.

Современные технические средства позволили значительно расширить возможности систем управления как в части реализации технологических задач, так и в решении задач контроля действий эксплуатационного персонала, тем самым повысив требования безопасности в реализации этих аспектов средствами аппаратного и программного обеспечения.

Решение проблемы обеспечения безопасности функционирования современных систем управления видится в переходе от оценки продукции к оценке процесса разработки [5]. Это подразумевает, прежде всего, организацию процесса разработки в виде итеративного процесса, охватывающего все этапы и стадии разработки системы, начиная от формирования технических предложений и заканчивая эксплуатационными испытаниями, с использованием различных видов доказательств и документального оформления требований, предъявляемых к каждой стадии, и результатов их проверки.

Реализация процесса разработки, как стадии жизненного цикла железнодорожной автоматики (ЖАТ), предполагает решение большого круга задач, это прежде всего [6]:

- формирование требований к системе;
- разработка методов оценки реализации требований;
- разработка инструментальных средств испытаний.

Следует отметить, что понятийный аппарат отстает от практических потребностей решения задач каждой стадии жизненного цикла ЖАТ. В особенности это касается единства в подходах к обеспечению и контролю показателей безопасности как единого процесса жизненного цикла ЖАТ, в целях подтверждения соответствия продукции ЖАТ требованиям технических регламентов [7].

Решение указанных проблем в значительной мере достигается разработкой и внедрением системы нормативных документов по безопасности систем управления сложными технологическими процессами и комплекса организационно-технических мероприятий по их внедрению. Однако, по мнению авторов, каждая стадия жизненного цикла ЖАТ требует дальнейшего развития и уточнения понятийного аппарата, свойственного именно этой стадии и процессу. В настоящей работе предложены методический подход и система основных понятий для этапов разработки системы и доказательства безопасности ЖАТ.

1 Основные положения

Стадии жизненного цикла ЖАТ, связанные с разработкой системы и доказательством безопасности, требуют уточнения и детализации терминов в области безопасности ЖАТ по отношению к известным ГОСТам по функциональной безопасности. В частности, понятие «функциональная безопасность». Первоначально заимствованное из европейских документов, посредством аутентичного перевода стандарта ИЕС 61508-3:1998, понятие «функциональная безопасность» постепенно перекочевало в отечественную нормативную базу. При этом формулировки этого термина в нормативных документах различного статуса отличны друг от друга. В них понятие «функциональная безопасность» определяется либо как свойство или способность объекта, связанного с безопасностью (ГОСТ Р 54504–2011, ГОСТ Р 52980–2008), либо как часть общей безопасности процесса, связанная со свойствами объекта (ГОСТ Р МЭК 61511-1–2011, ГОСТ Р МЭК 61508–4). Понятие «функциональная безопасность» во всех указанных ГОСТах и других источниках рассматривается вкуче с использованием таких понятий, как «вред», «ущерб», «вероятность ущерба», «риск», что определяет целесообразность использования процессного подхода к его анализу.

С указанной точки зрения интерес представляют следующие процессы:

- 1) движение подвижных единиц;
- 2) функционирование ЖАТ;
- 3) процесс отказов ЖАТ;
- 4) действия технического персонала.

В законе «О железнодорожном транспорте в РФ» безопасность процесса движения поездов характеризуется следующим определением. Это состояние защищенности процесса движения железнодорожного подвижного состава и самого железнодорожного подвижного состава, при котором отсутствует недопустимый риск возникновения транспортных происшествий и их последствий, влекущих за собой причинение вреда жизни или здоровью граждан, окружающей среде, имуществу физических или юридических лиц (статья 2 закона о железнодорожном транспорте в РФ).

Очевидно, что риск существует только тогда, когда одновременно реализуются и рассматриваются как минимум два процесса: процесс движения подвижных единиц и процесс нарушения условий безопасности движения, в частности по причинам отказов ЖАТ.

При таком подходе значения вероятностных показателей безопасности, в том числе рисков, определяются не только свойствами ЖАТ, но и технологической нагрузкой объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта, что целесообразно при оценке уровня безопасности конкретного проекта ЖАТ.

Для разработчиков ЖАТ не имеет принципиального значения, получены ли нормы вероятностных показателей безопасности на основе анализа рисков или, как это сделано в ОСТах «Безопасность железнодорожной автоматики», на основе анализа свойств безопасности существующих ЖАТ. Тем более, что имеется многолетний отечественный и зарубежный опыт разработки, проектирования и эксплуатации ЖАТ на различной элементной базе.

Перейдем от понятия «безопасность», связанного с процессом движения поездов, к системе понятий «безопасность как свойство ЖАТ», которые, с одной стороны, определяют функциональную безопасность ЖАТ, а с другой, позволяют не рассматривать количественные характеристики движения поездов. К таким понятиям относятся (ГОСТ Р 53431–2009, ОСТы «Безопасность железнодорожной автоматики»): «безопасность железнодорожной автоматики телемеханики», «безопасная система ЖАТ», «защитное и опасное состояние», «защитный и опасный отказы», «безопасное поведение при отказах» и т. п. Данные понятия являются техническими характеристиками ЖАТ, которые включаются в нормативную и конструкторскую документацию на разрабатываемую и испытываемую ЖАТ. Это положение является важнейшим, так как достигать и доказывать соответствие характеристик ЖАТ нормативным можно только при наличии их представления в нормативной и (или) конструкторско-технической документации.

Понятие «функциональная безопасность» в рассматриваемых нормативных документах определено как свойство объекта железнодорожного транспорта, связанного с безопасностью, выполнять требуемые функции безопасности при всех предусмотренных условиях в течение заданного периода времени (ГОСТ Р 54504–2011, статья 3.1.29). При этом функция безопасности определена как функция, которая предназначена для достижения или поддержания безопасного состояния по отношению к конкретному опасному событию.

Следует отметить, что системам ЖАТ свойственна функциональность, направленная на решение технологических задач, непосредственно связанных с безопасностью движения поездов. Например, проверка условий безопасного движения поездов по станции или перегону – исключение нагона, лобового или бокового столкновения поездов, перевода стрелки под составом, исключение двойного управления, контроль действий эксплуатационного персонала и т. д. В этом случае необходимо говорить о полноте и корректности реализации технологических функций. В то же время, в рамках программно-технических средств, являющихся базовой платформой любой системы или устройства ЖАТ, также реализованы функции безопасности, действия которых направлены на исключение опасного влияния на процесс функционирования системы, в результате возникновения сбоев и отказов аппаратных средств. Например, исключение несанкционированного управляющего воздействия на объект управления. Недостаток приведенного выше определения функциональной безопасности заключается в том, что оно не конкретизирует действия разработчика по доказательству безопасности разрабатываемого устройства или системы. В этом смысле для процесса разработки изделия, связанного с обеспечением безопасности движения поездов, оно должно учитывать все составляющие, интегральная оценка которых позволяет говорить о безопасности изделия в целом.

2 Термины и определения

Для формализации описания процесса функционирования ЖАТ вводится ряд новых по отношению к упомянутым выше ГОСТам определений.

Определение 1. Технологическая функция системы (устройства) ЖАТ – функция, выполняемая системой (устройством) ЖАТ в соответствии с ее назначением.

Примечание. Технологические функции должны обладать свойствами полноты и корректности выполнения технологических требований в соответствии с нормативной и (или) конструкторской документацией.

Определение 2. Технологические требования к системе (устройству) ЖАТ – множество норм, правил и условий выполнения технологических

функций системой (устройством) ЖАТ, сформулированных в соответствии с нормативной, эксплуатационно-технической и конструкторской документацией.

Примечание. Технологические требования входят в состав эксплуатационно-технических требований на систему или устройство.

Определение 3. Технология системы ЖАТ – совокупность технологических функций системы ЖАТ, выполняемых в соответствии с технологическими требованиями.

Примечание. Технология должна обеспечивать полноту функциональности ЖАТ в соответствии с требованиями нормативной и (или) конструкторско-технической документации.

Определение 4. Условия безопасности движения поездов – совокупность контролируемых состояний путевых объектов, железнодорожного подвижного состава, смежных систем и устройств, при которых обеспечивается безопасность движения поездов.

Определение 5. Технологическая безопасность системы (устройства) ЖАТ – свойство системы (устройства) ЖАТ выполнять все технологические функции в соответствии с требованиями безопасности в заданных условиях эксплуатации в течение заданного времени.

Определение 6. Требования к технологической безопасности системы (устройства) ЖАТ – установленное в нормативной и (или) конструкторской документации соответствие выполняемых системой (устройством) ЖАТ функций подмножествам проверяемых при их выполнении условий безопасности.

Определение 7. Необратимое защитное состояние системы (устройства) ЖАТ – защитное состояние системы (устройства) ЖАТ, выход из которого возможен только с участием человека.

Определение 8. Безопасное поведение системы (устройства) ЖАТ при отказе – переход системы (устройства) ЖАТ в защитное необратимое состояние при появлении отказов.

Определение 9. Систематическая ошибка системы (устройства) ЖАТ – несоответствие поведения системы (устройства) ЖАТ исходным требованиям, проявляющееся одинаково при одинаковых условиях в процессе функционирования вследствие наличия дефектов, внесенных в аппаратно-программные средства системы (устройства) на каком-либо этапе жизненного цикла.

Определение 10. Случайная ошибка системы (устройства) ЖАТ – несоответствие поведения системы (устройства) ЖАТ исходным требованиям, проявляющееся случайным образом вследствие отказа аппаратных средств.

Определение 11. Опасная ошибка системы (устройства) ЖАТ – систематическая или случайная ошибка системы (устройства), переводящая ее в процессе функционирования в опасное состояние.

Процесс функционирования ЖАТ характеризуется безопасностью функционирования и определяет уровень функциональной безопасности ЖАТ.

Тогда понятие безопасности функционирования ЖАТ на основе введенных определений 1–11 формулируется следующим образом.

Определение 12. Безопасность функционирования системы (устройства) ЖАТ – свойство системы (устройства) ЖАТ обеспечивать технологическую безопасность и безопасное поведение при систематических и случайных отказах аппаратных или аппаратно-программных средств и внешних воздействиях, включая ошибки операторов.

Понятие безопасности функционирования ЖАТ связано с понятием безопасности ЖАТ, т. е. является техническим, и в этом смысле ЖАТ опасна и без управления реальным движением, если:

- хотя бы одна технологическая функция выполняется при нарушении хотя бы одного условия безопасности из подмножества условий, проверяемых при выполнении данной технологической функции (нарушение технологической безопасности);
- осуществляется несанкционированное воздействие на объект управления;
- не выполняется реконфигурация или переход ЖАТ в защитное состояние при отказах технических средств;
- не выполняются положения концепции обеспечения безопасности ЖАТ.

Таким образом, для выполнения процессов разработки и доказательства безопасности ЖАТ предлагается использовать три взаимосвязанных понятия [8]:

- безопасность ЖАТ (ГОСТ Р 53431–2009) [9–12];
- безопасность функционирования ЖАТ;
- функциональная безопасность ЖАТ (ГОСТ Р 54504–2011, ГОСТ Р 52980–2008, ГОСТ Р МЭК 61511-1–2011, ГОСТ Р МЭК 61508–4).

Понятие «безопасность ЖАТ» определяется концепцией обеспечения безопасности аппаратных, программных, аппаратно-программных средств, составляющих техническую основу систем и устройств ЖАТ. Оно связано с процессами случайных и систематических отказов аппаратуры, ошибками программ, внешними воздействиями и характеризуется методами и аппаратно-программными средствами защиты от опасных отказов, суть которых – невыполнение положений концепции.

Понятие «безопасность функционирования ЖАТ» учитывает эксплуатационную специфику ЖАТ. Оно связано с процессом функционирования и характеризуется полнотой и корректностью выполнения технологических функций.

Понятие «функциональная безопасность ЖАТ» базируется на приведенных выше понятиях, и определяет уровень риска в управляемом технологическом процессе, т. е. в процессе движением поездов при применении систем и устройств с конкретными показателями безопасности.

Предлагаемый подход соответствует последовательности реализации стадий жизненного цикла – разработка, которая включает в себя процесс экспертизы и испытаний ЖАТ на безопасность и проектирование ЖАТ для конкретного полигона внедрения. Понятие безопасности ЖАТ применяется для экспертизы и статических испытаний ЖАТ на соответствие принятой концепции безопасности. Понятие безопасности функционирования ЖАТ применяется для динамических испытаний на технологическую безопасность и защитное поведение. Понятие функциональной безопасности ЖАТ применяется для анализа рисков с целью нормирования вероятностных показателей безопасности на начальных этапах разработки ЖАТ, экспертизы проектных решений и эксплуатационных испытаний. Для разработки ЖАТ целесообразно использовать указанные понятия в обратном порядке от нормирования вероятностных показателей функциональной безопасности ЖАТ до разработки концепции безопасности, конструкторско-технической документации и опытных образцов ЖАТ (безопасности ЖАТ, безопасности функционирования ЖАТ).

Заключение

Понятийный аппарат по безопасности таких сложных и многообразных по функциональности и технической реализации систем, как системы ЖАТ, должен являться основой нормативных документов различного уровня в области ЖАТ. Задачи его формирования усложняются многоэтапным жизненным циклом ЖАТ, каждый из этапов которого предъявляет специфические требования к соответствующему понятийному аппарату. В настоящее время имеются существенные разночтения в различных нормативных документах в определении таких понятий, как функция безопасности, функциональная безопасность и т. п. Кроме того, отсутствуют инженерные методики оценки рисков и ущербов от нарушения требований функциональной безопасности для основных видов ЖАТ. Эти факторы затрудняют и ограничивают сферы применения соответствующих нормативных документов, особенно на этапах разработки и доказательства безопасности ЖАТ. В данной работе предложен процессный подход и на его основе сформулирована система понятий, основой которых является понятие безопасность функционирования ЖАТ. Предложенные понятия могут использоваться для сопровождения различных испытаний и экспертиз на безопасность стадий разработки, изготовления, технической эксплуатации, модернизации ЖАТ. Однако наиболее существенна их роль на этапах разработки и доказательства безопасности ЖАТ.

В работе:

– предложен процессный подход к формализации понятий по безопасности ЖАТ;

– на основе процессного подхода сформулирована новая по отношению к существующим нормативным документам система понятий – безопасность функционирования ЖАТ;

– определено соотношение понятий безопасности ЖАТ, безопасного функционирования ЖАТ, функциональной безопасности ЖАТ для этапов разработки и доказательства безопасности ЖАТ.

Перспективы – разработка на основе предложенных в данной работе понятий нормативных документов по следующим направлениям:

- понятийный аппарат экспертизы ЖАТ на безопасность;
- понятийный аппарат статических и динамических испытаний ЖАТ на безопасность;
- основные требования к программам и методикам испытаний ЖАТ на безопасность;
- основные требования к средствам испытаний ЖАТ на безопасность.

Библиографический список

1. Лисенков В. М. Безопасность ответственных технологических процессов и технических средств на транспорте / В. М. Лисенков // Автоматика и телемеханика и связь. – 1992. – № 1. – С. 8–11.
2. Гавзов Д. В. Методы обеспечения безопасности дискретных систем / Д. В. Гавзов, Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников // Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 8. – С. 3–50.
3. Сапожников Вал. В. Методы и средства оценки и обеспечения безопасности систем железнодорожной автоматики / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, Д. В. Гавзов, Д. С. Марков // Автоматика и телемеханика и связь. – 1992. – № 1. – С. 4–7.
4. Сапожников Вал. В. О соотношении понятий надежности и безопасности / Вал. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Талалаев, Д. В. Гавзов, Д. С. Марков // Автоматика, телемеханика и связь. – 1992. – № 7. – С. 18–20.
5. Наседкин О. А. Особенности испытания МПУ ЖАТ / О. А. Наседкин, Е. В. Ледеяев // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 7. – С. 30–32.
6. Наседкин О. А. Методическое и техническое обеспечение испытаний микропроцессорных систем / О. А. Наседкин, Д. А. Васильев, А. М. Белоус // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 12. – С. 23–27.
7. Белишкіна Т. А. Особенности подтверждения соответствия требованиям безопасности железнодорожной автоматики в переходный период после принятия технических регламентов таможенного союза / Т. А. Белишкіна // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 208–227.
8. ГОСТ Р 53431–2009. Автоматика и телемеханика железнодорожная. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2010. – 19 с.
9. ГОСТ Р МЭК 61508-4–2012. Функциональная безопасность систем, электрических, электронных программируемых электронных, связанных с безопасностью. Ч. 4. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2014. – 20 с.

10. ГОСТ Р 52980–2008. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Системы программируемые электронные железнодорожного применения. Требования к программному обеспечению. – М. : Стандартинформ, 2009. – 19 с.
11. ГОСТ Р 54504–2011. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности. Доказательство безопасности объектов железнодорожного транспорта. – М. : Стандартинформ, 2013. – 24 с.
12. ГОСТ Р МЭК 61511-1–2011. Безопасность функциональная. Системы безопасности приборных промышленных процессов. Ч. 1. Термины, определения и технические требования. – М. : Стандартинформ, 2013. – 65 с.

*Dmitry S. Markov,
Oleg A. Nasedkin,
Denis A. Vasil'ev,
Maxim A. Butuzov*

«Automation and remote control on railways» department
Emperor Alexander I St. Petersburg state transport university

Terminological peculiarities of stages of railway automation and remote control safety development and proving

The analysis of basic notions in the sphere of railway automation and remote control (RARC) safety was carried out. The necessity of conceptual framework development in RARC sphere was indicated, according to the requirements of different stages of a life cycle and, first of all, those stages which are connected with the processes of safety development and proving. The latter is determined by the fact that the notion of functional regulation is used in current regulations, which, unfortunately, is interpreted differently in different papers. In addition, the definition of this term is connected with the notions of risk and damage, which characterizes the appropriateness of its use for safety parameters of innovative solutions and the assessment of specific design solutions. The use of the notion of functional safety for safety development and proving of railway automatics systems is complicated by the lack of its meaningfulness and the absence of adequate techniques. In accordance with the above, a methodological approach was suggested in the given study, as well as the system of notions for stages of safety development and proving. The notion of functioning safety was introduced as the basic term, which includes the following concomitant notions: process safety, technological function, behavior-based safety etc. The terms and definitions for basic notions and those related to them were introduced in the study, as well as the methodological approach to their application at the stages of safety development and proving of systems and equipment of railway automatics, together with «Safety of railway automatics» system of regulations.

railway automation and remote control (RARC); life cycle; safety development and proving; functioning safety; functional safety; RARC safety; technological function; RARC technology; behavior-based safety; process safety.

References

1. Lisenkov V. M. (1992). Safety of responsible technological processes and technical means in transport [Bezopasnost' otvetstvennykh tekhnologicheskikh processov i tekhnicheskikh sredstv na transporte], Automation, remote control and communication [Avtomatika i telemekhanika i svyaz'], issue 1. – Pp. 8–11.
2. Gavzov D. V., Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V. (1994). Methods for providing safety in discrete systems [Metody obespecheniya bezopasnosti diskretnykh sistem], Automation and Remote Control [Avtomatika i telemekhanika], issue 8. – Pp. 3–50.
3. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Gavzov D. V., Markov D. S. (1992). Methods and means of assessing and ensuring the safety of railway automation systems [Metody i sredstva ocenki i obespecheniya bezopasnosti sistem zheleznodorozhnoj avtomatiki], Automation, remote control and communication [Avtomatika, telemekhanika i svyaz'], issue 1. – Pp. 4–7.
4. Sapozhnikov Val. V., Sapozhnikov Vl. V., Talalaev V. I., Gavzov D. V., Markov D. S. (1992). On the relation of the concepts of reliability and safety [O sootnoshenii ponyatij nadyozhnosti i bezopasnosti]. Automation, remote control and communication [Avtomatika i telemekhanika i svyaz'], issue 7. – Pp. 18–20.
5. Nasedkin O. A., Ledyayev E. V. (2012). Features of testing of microprocessor devices of railway automatics and telemechanics [Osobennosti ispytaniya MPU ZHAT], Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 7. – Pp. 30–32.
6. Nasedkin O. A., Vasil'ev D. A., Belous A. M. (2013). Methodical and technical support of tests of microprocessor systems [Metodicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie ispytaniy mikroprocessornykh sistem], Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 12. – Pp. 23–27.
7. Belishkina T. A. (2016). Features of confirmation of conformity to the requirements of railway automation and remote control safety during the transition period after acceptance of technical regulations of the customs union [Osobennosti podtverzhdeniya sootvetstviya trebovaniyam bezopasnosti zheleznodorozhnoj avtomatiki v perekhodnyj period posle prinyatiya tekhnicheskikh reglamentov tamozhennogo soyuza], Automation on transport [Avtomatika na transporte], vol. 2, issue 2. – Pp. 208–227.
8. GOST R 53431–2009. Railway automation and remote control. Terms and definitions [GOST R 53431–2009. Avtomatika i telemekhanika zheleznodorozhnaya. Terminy i opredeleniya]. Moscow, Standartinform [Standartinform]. – 19 p.
9. GOST R MEK 61508-4–2012. Functional safety of electrical, electronic programmable electronic systems related to safety. Part 4. Terms and definitions [GOST R MEHK 61508-4–2012 Funkcional'naya bezopasnost' sistem ehlektricheskikh, ehlektronnykh programmiruemykh ehlektronnykh, svyazannykh s bezopasnost'yu. Chast' 4 terminy i opredeleniya]. Moscow, Standartinform [Standartinform]. – 20 p.

10. GOST R 52980–2008. Industrial automation systems and their integration. Systems of programmable electronic railway application. Software requirements [GOST R 52980–2008 Sistemy promyshlennoj avtomatizacii i ih integraciya. Sistemy programmiruemye ehlektronnye zhelezodorozhnogo primeneniya. Trebovaniya k programnomu obespecheniyu]. Moscow, Standartinform [Standartinform]. – 19 p.
11. GOST R 54504–2011. Functional safety. Policy, safety program. Proof of the safety of railway transport facilities [GOST R 54504–2011 Bezopasnost' funkcional'naya. Politika, programma obespecheniya bezopasnosti. Dokazatel'stvo bezopasnosti ob'ektov zhelezodorozhnogo transporta]. Moscow, Standartinform [Standartinform]. – 24 p.
12. GOST R MEC 61511-1–2011. Functional safety. Safety systems instrument industrial processes. Part 1. Terms, definitions and technical requirements [GOST R MENK 61511-1–2011. Bezopasnost' funkcional'naya. Sistemy bezopasnosti pribornye promyshlennyh processov. Chast' 1. Terminy, opredeleniya i tekhnicheskie trebovaniya]. Moscow, Standartinform [Standartinform]. – 65 p.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии Вал. В. Сапожниковым
Поступила в редакцию 03.02.2017, принята к публикации 06.03.2017*

МАРКОВ Дмитрий Спиридонович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: MDS1945@yandex.ru

НАСЕДКИН Олег Андреевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: nasedkin@crtc.spb.com

ВАСИЛЬЕВ Денис Анатольевич – старший научный сотрудник Центра компьютерных железнодорожных технологий кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: denvas@crtc.spb.com

БУТУЗОВ Максим Алексеевич – старший научный сотрудник Центра компьютерных железнодорожных технологий кафедры «Автоматика и телемеханика на железных дорогах» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.
e-mail: max@crtc.spb.com

© Марков Д. С., Наседкин О. А., 2017
© Васильев Д. А., Бутузov М. А., 2017