

МПЦ с различным программным обеспечением в разных каналах резервирования, структура центрального управляющего ядра системы МПЦ построена по мажоритарному варианту «2» из «3» с различным программным обеспечением в трех каналах резервирования.

Для доказательства функциональной безопасности МПЦ, обязательным является выполнение требования по открытости ее программного обеспечения, в т.ч. используемой операционной системы, с начала разработки микропроцессорных систем управления стрелками и сигналами (с 2002 г.) на предприятии используется операционная система QNX, имеющая необходимые документы по открытости исходных кодов и отсутствию недопустимых вложений в программное обеспечение.

При испытаниях МПЦ большое значение уделялось проверке правильности выполнения технологических алгоритмов и работоспособности при воздействии различных факторов и проверка функциональной безопасности при воздействии необходимых видов стандартизованных в ДСТУ 4178-2003 электромагнитных помех, которые показали, что система МПЦ согласно протокола сертификационных испытаний НИПКИ «Молния» НТУ «ХПИ» обеспечивает необходимый уровень функциональной безопасности.

Испытания системы МПЦ в реальных условиях эксплуатации на ряде ж.-д. станций показали, что за длительный период эксплуатации не были выявлены случаи опасных отказов не только системы в целом, но и отдельных каналов резервирования МПЦ и управляющих контроллеров работающих в муфтах, путевых ящиках и других напольных и постовых объектах.

Сертификация экономичной системы микропроцессорной централизации стрелок и сигналов МПЦ-С на функциональную безопасность и электромагнитную совместимость дает возможность ее серийного внедрения как на промышленном, так и на магистральном железнодорожном транспорте.

УДК 614.841.8:629.067

## НАУЧНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА, ОЦЕНКИ РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Н. К. МОДИН, Т. Н. МОДИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Для человека, окружающей среды и объектов народного хозяйства опасность представляют те или иные процессы: жизнедеятельности, природные, техногенные и др. Далее речь пойдет о технологических процессах. Технические средства, человек-оператор, обслуживающий персонал, организационные структуры и другие составляющие сложной технической системы, обеспечивающей функционирование данного технологического процесса, в общем случае сами по себе ни для кого не опасны, если в рассматриваемый момент времени не участвуют в реализации этого технологического процесса. На транспорте, в частности железнодорожном, выделяют класс ответственных технологических процессов (ОТП), при нарушении безопасности функционирования (НБФ) которых возможно появление техногенной чрезвычайной ситуации (ТЧС). Именно для таких технологических процессов актуальна проблема безопасности и риска, в других случаях уместно говорить об их надежности, бесперебойности и других показателях качества.

На кафедре автоматики и телемеханики БелГУТа в течение последних лет выполнен цикл научных исследований по методам анализа, оценки и прогнозирования безопасности и риска ОТП по заказам Белорусской железной дороги и по Межгосударственной программе совместных научных исследований государств-участников Содружества Независимых государств в области ЧС природного и техногенного характера. В рамках этих исследований разработан универсальный методологический подход (УМП), позволивший обосновать пути решения следующих задач:

- управления безопасностью;
- количественной оценки и нормирования уровня безопасности;
- доказательства соответствия технических средств требованиям безопасности функционирования ОТП.

Рассмотрим в основном первую задачу.

**УМП к анализу, оценке и прогнозированию безопасности и риска ОТП.** Основой УМП является модель развития нарушения безопасности функционирования ОТП, основанная на концеп-

ции причинно-следственной связи событий (далее – Модель). Нарушение безопасности ОТП практически всегда является следствием цепи отказов техники, ошибок человека, воздействий окружающей среды и неиспользованных возможностей по предупреждению и парированию их последствий. Необходимо заранее предусмотреть максимально возможное число причинно-следственных связей и адекватных мер по их разрыву, чтобы не допустить перехода первичного неблагоприятного события до конечного – нарушения безопасности функционирования ОТП. Идеи и принципы построения Модели изложены в ряде статей [1, 2].

Базисным понятием теории безопасности ОТП является ТЧС, к которой приводят НБФ. При этом предполагается, что для любого ОТП всегда можно определить и перечислить все возможные ТЧС и НБФ. В свою очередь, НБФ предшествует определенное (предкризисное, граничное) состояние ОТП, которое называется опасной ситуацией (ОС). Причиной ОС является неблагоприятная причина (НП), представляющая собой опасные отказ техники, ошибку человека, либо воздействие окружающей среды, действующие как по отдельности, так и в сочетаниях. Здесь следует иметь в виду, что принимаются во внимание только опасные: отказы техники, ошибки человека и воздействия окружающей среды, которые могут приводить к ОС при функционировании ОТП. Появлению неблагоприятной причины содействуют факторы техногенного, антропогенного и природного характера (далее – Факторы). Все понятия: ТЧС, НБФ, ОС, НП и факторы обобщенно будем называть неблагоприятными событиями (НС). Пятиуровневая иерархическая структура Модели является наиболее приемлемой по сравнению с меньшим или большим числом иерархических уровней по показателям полноты учета неблагоприятных событий и эффективности управляющих воздействий. В зависимости от заданной степени детализации конкретного ОТП возможно построение моделей развития НС того или иного уровня иерархии Модели. Например, при необходимости может быть разработана модель появления и развития опасного отказа НП того или иного технического средства, при этом модель может иметь два и более уровней факторов. Следовательно, для данного ОТП базовая пятиуровневая Модель будет носить обобщенный характер, а частные модели помогут глубже проанализировать развитие наиболее важных (с точки зрения безопасности) НС.

Для того чтобы прервать цепь НС на схеме Модели (рисунок 1) показаны также места введения управляющих воздействий (УВ). По каналу УВ-1 формируются управляющие воздействия для предупреждения появления НС при их зарождении. Например, на этапе разработки технического средства учитывают требования безопасности ОТП, в частности недопущение опасного отказа, что является одним из многих примеров использования канала УВ-1 на уровне НП. Если не удалось предотвратить появление НС при их зарождении, то на переходах от факторов к НП, от НП к ОС, от ОС к НБФ, от НБФ к ТЧС предусматриваются вмешательства (УВ-2) специальных технических средств и человека-оператора, парирующих по иерархии последствия соответствующего НС.

*Примечание* – Вероятности появления НС приведены на Модели под индексом  $r$ , управляющие воздействия –  $Q$ .

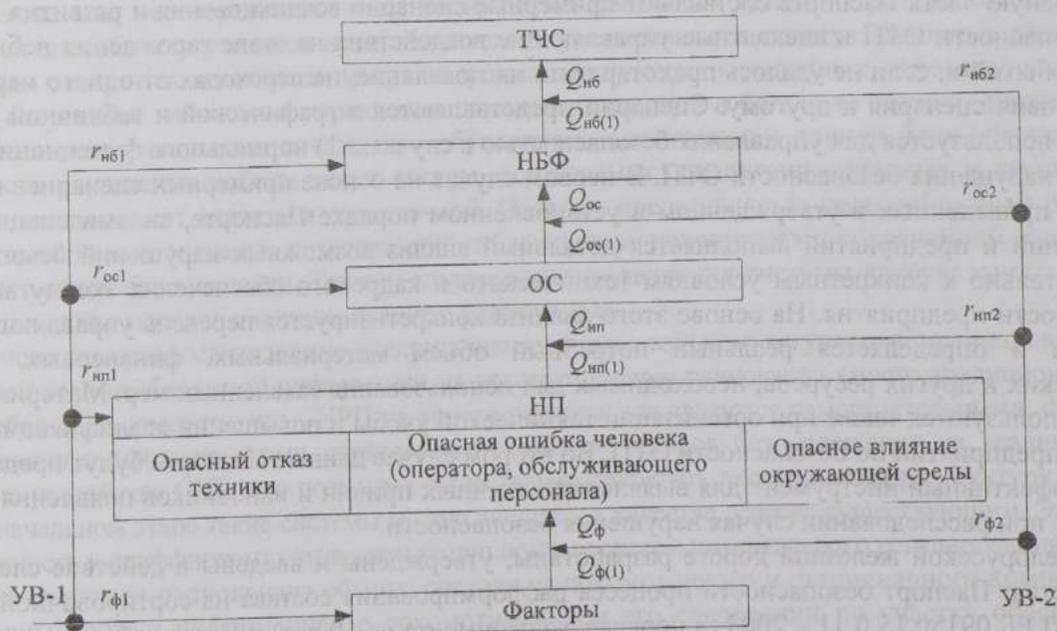


Рисунок 1 – Схема модели появления и развития нарушения безопасности технологического процесса

Таким образом, парадигма обеспечения безопасности состоит в том, что необходимо на момент зарождения предотвратить (с определенной вероятностью) появление того или иного НС, но если это событие произошло, то следует парировать его последствия (опять же с некоторой вероятностью), не допустив развития процесса до нарушения безопасности.

Принципиальным условием построения модели является то, что для любого ОТП есть возможность превентивного определения и перечисления конкретного числа НС, УВ-1 и УВ-2.

В принципе, профессионально определить, описать, перечислить все НС, построить Модель и выбрать адекватные управляющие воздействия можно не только для ОТП, но и для других процессов, и не только технологических, предусматривающих возможность причинно-следственного анализа неблагоприятных событий. В частности, это возможно для анализа процессов развития пожарной опасности, экономической, социальной и других сфер деятельности. Реальное использование методов управления безопасностью, разработанных на основе рассматриваемого универсального методологического подхода, осуществлено, в частности, на железнодорожном транспорте.

Перечни неблагоприятных событий в реальных ОТП достаточно велики, поэтому для построения сценариев развития НБФ на основе Модели необходимо использовать аппарат дерева (сценариев) неблагоприятных событий (ДНС).

В ряде документов [6] предусмотрен стандартный метод анализа иерархических структур, называемый методом событий. В рамках унифицированного методологического подхода этот метод усовершенствован за счет упорядоченного разделения на иерархические уровни (соответствии с Моделью) и учета управляющих воздействий. Схемы ДНС целесообразно строить для каждого нарушения безопасности функционирования отдельно.

**Паспорт как инструмент управления безопасностью и риском ОТП.** Наличие ДНС с учетом введения УВ дает возможность управлять безопасностью (или риском) ОТП. Квалифицированное и своевременное назначение УВ по пресечению причинно-следственных цепочек возникновения и развития НС представляет собой, по сути, основу оперативного управления безопасностью.

Практическая реализация мер по управлению безопасностью базируется на использовании Паспорта безопасности ответственного технологического процесса (далее – Паспорт). Паспорт – это конкретное руководство по управлению безопасностью ОТП, предназначенное, в первую очередь, работникам, непосредственно связанным с организацией и реализацией данного ОТП, содержанием и ремонтом технических средств. Паспорт полезен также при разработке мер по управлению безопасностью в среднесрочном и перспективном планах вышестоящими организационными структурами совместно со специалистами предприятий. Цель документа состоит в том, чтобы помочь специалистам предприятий заранее предусмотреть возможные нарушения безопасности ОТП и выбрать упреждающие меры (управляющие воздействия) по недопустимости неблагоприятных ситуаций.

Основную часть Паспорта составляют примерные сценарии возникновения и развития нарушений безопасности ОТП и адекватные управляющие воздействия на этапе зарождения неблагоприятных событий и, если не удалось предотвратить их появление, на переходах от одного иерархического уровня сценария к другому. Сценарии представляются в графической и табличной формах. Паспорт используется для управления безопасностью в случаях: 1) нормального функционирования ОТП; 2) нарушения безопасности ОТП. В первом случае на основе примерных сценариев и перечней НС, приведенных в утвержденном в установленном порядке Паспорте, силами специалистов учреждений и предприятий выполняется детальный анализ возможных нарушений безопасности применительно к конкретным условиям технического и кадрового обеспечения эксплуатационной деятельности предприятия. На основе этого анализа конкретизируется перечень управляющих воздействий и определяется реальный потребный объем материальных, финансовых, научно-технических и других ресурсов, необходимых для использования заявленных мер. Материалы Паспорта используются также при организации технической учебы и повышении квалификации специалистов предприятий по безопасности ОТП. Во втором случае данные Паспорта будут представлять собой эффективный инструмент для выявления истинных причин и виновников появления тех или иных НС при расследовании случая нарушения безопасности.

На Белорусской железной дороге разработаны, утверждены и введены в действие следующие руководства: Паспорт безопасности процесса расформирования состава на сортировочной горке в форме РД РБ 09150.15.0 11 – 2003 (в порядке эксперимента на 10 лет) и Паспорт безопасности движения поезда в статусе СТП 09150.16.013 – 2005, которые являются начальным этапом программы паспортизации ответственных технологических процессов на дороге [3, 4].

В докладе не предусмотрено рассмотрение методов количественной оценки уровня безопасности ОТП и доказательств соответствия параметров технических средств требованиям безопасности ОТП. Подробный анализ этих вопросов приведен в [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Модин, Н. К. Принципы управления безопасностью функционирования транспортных систем / Н. К. Модин, Т. Н. Модина // Цифровая обработка информации и управление в чрезвычайных ситуациях: докл. Третьей Международ. конф. – Т. 1. – Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2002. – С. 171–176.
- 2 Модин, Н. К. Некоторые задачи обеспечения безопасности ответственного технологического процесса / Н. К. Модин, Т. Н. Модина // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2005. – № 1. – С. 13–16.
- 3 Модин, Н. К. Паспорт как инструмент управления безопасностью и риском ответственного технологического процесса // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. докладов III Международ. науч.-практ. конф. – Минск: МЧС, 2005. – С. 37–41.
- 4 Паспорт безопасности движения поезда: СТП 09150.16.013 / Н. К. Модин [и др.]. – Минск: Бел. жел. дорога, 2005. – 75 с.
- 5 Паспорт безопасности процесса расформирования состава на сортировочной горке: РД РБ 0915015.011 – 2003 / Н. К. Модин [и др.]. – Минск: Бел. жел. дорога, 2003. – 37 с.
- 6 Смит, Дэвид Дж. Функциональная безопасность. Простое руководство по применению стандарта МЭК 61508 и связанных с ним стандартов / Дэвид Дж. Смит, Кеннет Дж. Л. Симпсон. – М.: Изд. дом «Технологии», 2004. – 208 с.
- 7 Основы безопасности промышленных объектов: учеб. пособие / Э. Р. Бариев [и др.]; под ред. Э. Р. Бариева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 208 с.

УДК 656.225:629.4.052.3

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗОК С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ОСНОВЕ РАДИОКАНАЛА

*П. П. РУБАНИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В настоящее время на сети железных дорог широко применяются системы интервального регулирования движения поездов, базирующиеся на использовании автоблокировки с рельсовыми цепями. Автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа с использованием рельсовых цепей обладает ограниченной надежностью. Отказы в работе ее устройств обусловлены разными причинами: неисправностями локомотивных приборов, искажениями кодовых сигналов из-за помех тягового тока или несовершенства схем кодирования рельсовых цепей. В результате снижается пропускная способность участков пути, значительно увеличиваются эксплуатационные расходы. К недостаткам следует также отнести малую информационную емкость данных, передаваемых на локомотив, отсутствие гибкости в управлении движением поездов и большую степень дискретности определения местоположения поезда, что обусловлено значительной длиной блок-участков. Эффективность улучшения работы таких систем, достигаемая при организационных и технических мерах, не всегда может оказаться достаточной. Поэтому представляется целесообразным рассмотреть альтернативные системы, позволяющие избавиться от недостатков с сохранением и даже повышением уровня безопасности. Такими альтернативами являются системы интервального регулирования движения поездов с использованием радиоканала.

На основе сети радиосвязи можно внедрить системы интервального регулирования поездов (СИРП) с передачей всей необходимой информации на локомотив через радиоканал вместо традиционных систем. Необходимо отметить, что СИРП на основе радиоканала являются самостоятельными, функционально законченными системами управления движением поездов без наложения на традиционные напольные устройства СЦБ, что позволяет существенно сократить затраты в инфраструктуру. Однако на первоначальном этапе такие системы можно внедрять в качестве резерва существующим. Это повысит надежность и коэффициент готовности традиционных систем интервального регулирования.

СИРП на основе радиоканала обычно состоят из локомотивного и стационарного компонентов. Непрерывный обмен информацией с локомотивом при его следовании по участку обеспечивает цифровой радиоканал. Опорная сеть радиоканала реализуется рядом базовых станций, расположенных на станциях и при необходимости вдоль путей. Сеть транслирует информацию на протяжении