

Таблица 2 – Перспективные значения прогнозируемых показателей

Показатель развития сети	2007 год	2010 год
Монтируемая емкость телефонных станций, номер	3954327	4564613
Портовая емкость, порт	25080	43654
Телефонная плотность на ГТС, %	42,5	46,7
Телефонная плотность на СТС, %	28,8	35,6

В последнее время ввиду своих неоспоримых достоинств и привлекательности для пользователей на лидирующее место среди средств коммуникаций вышел Интернет. Наращивание портовой емкости сети Интернет осуществляется вследствие стремительного ее расширения. Значение среднего числа портов на 2007 год составляет 25080 портов. Значительное увеличение портовой емкости по-

Получено 13.06.2005

Y. Kushnerova, A. Bondarenko. The prognostication of the showing characterizing the development of the communication networks of the Republic of Belarus.

The methods of prognosis and the results of the reckoning of the perspective meanings of the development showing of the communication networks of the Republic of Belarus are suggested.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2005. № 1(10)

УДК 656.022.001.25

Н. К. МОДИН, профессор; Т. Н. МОДИНА, инженер; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

НЕКОТОРЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОТВЕТСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Приведены основные положения методик управления безопасностью, нормирования ее уровня и доказательства соответствия технических средств требованиям безопасности, основанных на разработке модели развития нарушения безопасности функционирования ответственного технологического процесса.

На кафедре автоматики и телемеханики проведен цикл исследований по методам анализа, оценки и прогнозирования безопасности ответственных технологических процессов (ОТП) в рамках госбюджетных и хоздоговорных научных работ, выполненных по заказам Белорусской железной дороги и по Международной программе совместных научных исследований государств-участников содружества в области ЧС природного и техногенного характера.

Разработан методологический подход, позволяющий решить, в частности, следующие задачи: управление безопасностью, нормирование уровня безопасности, доказательство соответствия технических средств требованиям безопасности функционирования ОТП.

Понятие безопасности определяют двояко: 1) безопасность ответственного технологического процесса; 2) безопасность в чрезвычайной ситуации. В первом случае безопасность – это свойство

требует увеличения пропускной способности как внешних каналов, так и каналов между областными узлами.

Таким образом, исходя из анализа тенденций развития сетей связи и результатов сделанного прогноза ожидается дальнейшее развитие сетей доступа в Республике Беларусь. Полученные результаты могут послужить основой для последующих исследований.

Список литературы

1 **Серегина, В. С.** Решение инженерных задач методом математической статистики: учеб. пособие / В.С. Серегина. – Гомель: БелГУТ, 1994. – 107 с.

2 **Кучерявый, А. Е.** Пакетная сеть связи общего пользования / А. Е. Кучерявый, Л. З. Гильченко – М.: Наука и техника, 2004. – 272 с.

Так как все причины опасности, исходящие от техники, человека, окружающей среды, носят вероятностный характер, то и все категории безопасности подчиняются вероятностным законам. В связи с этим уровень (критерий) безопасности определяется как вероятность функционирования ОТП без НБФ в течение заданного времени и в определенных условиях. Управление безопасностью и риском – это разработка, выбор, принятие решений в оперативном и перспективном планах для достижения необходимого уровня безопасности ОТП. Система обеспечения безопасности – это комплекс организационных, правовых, технических мер, позволяющих управлять безопасностью и риском ОТП. Основой методологического подхода является модель развития НБФ (далее модель), представляющая собой иерархическую структуру со следующими уровнями: техногенная чрезвычайная ситуация (ТЧС), нарушение безопасности функционирования (НБФ), опасная ситуация (ОС), неблагоприятная причина (НП), фактор (Ф), которые обобщенно называют неблагоприятными событиями (НС) [1–3].

Покажем вкратце пути решения вышеуказанных задач.

Управление безопасностью. Рабочим инструментом управления безопасностью ОТП на оперативном, среднесрочном и перспективном уровнях является паспорт безопасности ОТП (далее паспорт), разработанный на основе дерева неблагоприятных событий конкретного ОТП. Составление и внедрение паспорта потребует от специалистов детального, профессионального анализа возможных опасностей и выработки адекватных управляющих воздействий на том или ином уровне иерархии модели. Таким образом, паспорт – это руководство по управлению безопасностью ОТП на предприятиях разного уровня в реальных условиях эксплуатации технических средств при учете человеческого фактора и воздействий среды. Паспорт используется в статусе руководящего документа, утверждаемого установленным порядком. Основным разделом паспорта является модель развития нарушения безопасности ОТП с перечнем неблагоприятных событий и управляющих воздействий. Модель, приведенная в паспорте, является базовой для ОТП рассматриваемого класса. Она должна быть уточнена и дополнена на основе учета конкретных эксплуатационных условий данного предприятия.

В качестве примера практической реализации теоретических подходов можно отметить то, что в настоящее время разработан, утвержден и введен в действие “Паспорт безопасности процесса расформирования состава на сортировочной горке” в статусе Руководящего документа Республики Беларусь (РД РБ 09150 15.011-2003).

Нормирование уровня безопасности. Количественной оценкой уровня безопасности, как уже говорилось выше, является вероятность того, что в течение заданного времени и при определенных условиях ОТП будет функционировать без НБФ. Нормирование включает в себя по крайней мере три задачи:

1) разработка метода расчета фактического уровня безопасности ОТП по статистическим параметрам неблагоприятных событий и управляющих воздействий;

2) разработка методики выбора нормативного значения уровня безопасности ОТП исходя из имеющихся материальных, финансовых, научно-технических ресурсов;

3) оптимизация распределения имеющихся материальных и финансовых средств между составляющими сложной технической системы, реализующей данный ОТП, для достижения максимального уровня безопасности в сложившихся условиях.

Численные значения вероятностей появления неблагоприятных событий и парирование их за счет управляющих воздействий, а также стоимостное выражение управляющих воздействий в оперативном, среднесрочном и перспективном планах могут быть получены за счет сбора и обработки статистической информации, а также экспертным или расчетным путем.

В проблеме нормирования ключевой является задача разработки метода расчета фактического (достигнутого) уровня безопасности. Этот метод основан на определении вероятностей НС и управляющих воздействий на всех уровнях дерева событий, построенного на основе модели. Для этого выведены соответствующие математические выражения [4].

Вероятности появления НП ($Q_{НП}$), ОС ($Q_{ОС}$), НБФ ($Q_{НБФ}$) определяют по формулам:

$$\begin{aligned} Q_{НП} &= Q_{\Phi}(1 - r_{\Phi}); \\ Q_{ОС} &= Q_{НП}(1 - r_{НП}); \\ Q_{НБФ} &= Q_{ОС}(1 - r_{ОС}), \end{aligned} \quad (1)$$

где Q_{Φ} – вероятность появления Ф; r_{Φ} , $r_{НП}$, $r_{ОС}$ – вероятности парирования Ф, НП, ОС соответственно.

В общем виде

$$Q_{НС\ i+1} = \sum_{i=1}^n Q_{НС\ i} \prod_{j=1}^k (1 - r_{НС\ j}), \quad (2)$$

где $Q_{НС\ i}$, $Q_{НС\ (i+1)}$ – вероятность неблагоприятного события (НС) i -го уровня и следующего за ним ($i+1$); $r_{НС\ j}$ – вероятность парирования j -го НС; n – число НС i -го уровня; k – число управляющих воздействий (УВ) i -го уровня.

По известному значению вероятности появления Φ (начального события) нетрудно найти вероятность НБФ (вершинного события) ($Q_{\text{НБФ}}$):

$$Q_{\text{НБФ}} = \sum_{l=1}^a Q_{\Phi l} \prod_{m=1}^b (1 - r_{\Phi m}) \prod_{n=1}^v (1 - r_{\text{НП} n}) \prod_{k=1}^q (1 - r_{\text{ОС} k}), \quad (3)$$

где $Q_{\Phi l}$ – вероятность появления l -го фактора; $r_{\Phi m}$, $r_{\text{НП} n}$, $r_{\text{ОС} k}$ – вероятности парирования m -го Φ , n -й НП, k -й ОС соответственно; a , b , v , q – число Φ , УВ на уровне Φ , НП и ОС соответственно.

При этом уровень безопасности ОТП определяется из выражения

$$P_{\text{НБФ}} = 1 - Q_{\text{НБФ}}. \quad (4)$$

С учетом вышеизложенного предлагается такая последовательность действий при нормировании уровня безопасности: в соответствии с моделью строят дерево неблагоприятных событий ОТП с учетом управляющих воздействий и по формулам (1)–(4) рассчитывают достигнутый уровень безопасности за определенный промежуток времени (например, год); исходя из объема выделяемых на последующий период материальных и финансовых ресурсов выбирают управляющие воздействия (внедрение новой техники и технологий, решение социальных вопросов и др.) и снова по вышеуказанным формулам рассчитывают нормируемый уровень безопасности; за счет построения оптимального распределения выделяемых ресурсов между предприятиями и учреждениями, реализующими данный ОТП, находят максимальное значение уровня безопасности, который и выбирают в качестве нормированного на предстоящий промежуток времени.

Доказательство соответствия технических средств требованиям безопасности функционирования ОТП. Технические средства и человек (оператор, обслуживающий персонал), составляющие сложную систему, которая реализует ОТП, вносят каждый свою долю в значение вероятности НБФ данного ОТП. В связи с этим актуальной является задача доказательства соответствия параметров технических средств и человека требованиям безопасности ОТП. Решение этой задачи возможно на основе расчета фактического уровня безопасности как в целом для ОТП, так и по отдельным причинно-следственным цепочкам дерева неблагоприятных событий, которые отражают влияние тех или иных составляющих сложной технической системы на процесс возникновения и развития нарушения безопасности ОТП.

Для систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) ПГУПСом предложена концепция доказательства безопасности, основанная на понятии так называемой внутренней безопасности, в соответствии с которой система ЖАТ рас-

сматривается изолированно от железнодорожной транспортной системы. При этом предлагается доказать, что одиночный отказ не будет приводить систему ЖАТ в опасное состояние. В данном случае под опасным понимают неработоспособное состояние системы, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции по обеспечению безопасности ОТП, например движение поездов, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации [5].

С точки зрения вышерассмотренной модели данная концепция доказательства безопасности правомерна до уровня неблагоприятной причины – опасного отказа. Причем все решения по переводу системы в защитное состояние есть ничто иное, как управляющие воздействия на этапе разработки техники. Однако практическая реализация доказательства безопасности по данной концепции без детального учета всех причинно-следственных связей в системе СЖАТ, мягко говоря, затруднена. Кроме того, здесь речь идет лишь о схемных узлах системы СЖАТ. А как быть с электромеханическими устройствами, стрелочными электроприводами, рельсовыми цепями, электромагнитными устройствами и т. д.? Здесь уместен универсальный подход к доказательству безопасности любых технических средств, основанный на использовании модели развития нарушения безопасности функционирования ОТП.

Возможен следующий алгоритм доказательства безопасности технического средства (ТС) на основе модели:

1) разрабатывают дерево неблагоприятных событий ОТП, в реализации которого задействовано ТС;

2) выбирают все причинно-следственные связи от Φ до НБФ, в которых участвует данное ТС;

3) определяют перечень ОС и строят более детальные модели развития данных ОС, начиная от факторов (нижнего уровня иерархии модели); при этом допускается использование в модели двух и более ступеней факторов исходя из выбранной степени детализации, определяемой конкретными условиями;

4) выбирают управляющие воздействия, призванные с определенной вероятностью не допустить появления неблагоприятных ситуаций на этапе разработки, парировать их последствия на этапе эксплуатации ТС;

5) рассчитывают вероятность появления опасной ситуации, на основании которой определяют уровень безопасности данного ТС в количественной форме.

Таким образом, доказываемое соответствие ТС требованиям безопасности конкретного ОТП в количественной (вероятностной) форме.

Список литературы

- 1 **Модин, Н. К.** Безопасность функционирования горючих устройств / Н. К. Модин. – М.: Транспорт, 1994. – 173 с.
- 2 **Модин, Н. К.** Модель безопасности сложных технических систем / Н. К. Модин // Надежность и безопасность технических систем: тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Мн.: Белоргстанкинпроиздат, 1997. – С. 51–54.
- 3 **Модин, Н. К.** Безопасность функционирования транспортных систем: Пособие по выполнению контрольной работы / Н. К. Модин. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 34 с.

ты / Н. К. Модин. – Гомель: БелГУТ, 2001. – 34 с.

- 4 **Михайлюк, В. Б.** Нормирование уровня безопасности движения поездов: проблемы и решения / В. Б. Михайлюк, Н. К. Модин // Проблемы безопасности на транспорте: тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. – Гомель: БелГУТ, 2002. – С. 50–52.
- 5 Сертификация и доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики / под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1994. – 173 с.

Получено 10.02.2005

N. K. Modin, T. N. Modina. The some problems of the ensuring of the responsible technological process safety.

The main proposition of the methods of the safety management, rate fixing of it's level and demonstration of technical facilities compliance with the safety demands based on the working out the model of the development of the responsible technological process functioning safety breach is given.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2005. № 1(10)

УДК 656.25:620.16

ИМИТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ПРИ СЕРТИФИКАЦИИ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

С. Н. ХАРЛАП, кандидат технических наук; О. А. ШМЫГОВСКАЯ, ассистент; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Раскрыта роль имитационных испытаний в процессе доказательства функциональной безопасности микроэлектронных систем железнодорожной автоматики. Обоснована необходимость применения систем схемотехнического моделирования для проведения имитационных испытаний на безопасность функционирования. Дан краткий обзор наиболее распространенных программных средств для схемотехнического моделирования.

Микроэлектронные системы и устройства железнодорожной автоматики и телемеханики в соответствии с действующими нормативными документами подлежат обязательной сертификации на безопасность функционирования [1, 2]. Целью сертификации на безопасность функционирования является подтверждение уровня обеспечения безопасности, заявленного разработчиком [3]. Это наукоемкий, сложный и длительный процесс, регламентированный международными [4–7] и национальными стандартами [8–10], важнейшими элементами которого являются техническая экспертиза схемных решений, имитационные и лабораторные испытания аппаратных средств и программного обеспечения [11].

Техническая экспертиза предполагает выполнение анализа безопасности функционирования человеком-экспертом. Однако современные микроэлектронные устройства содержат большое количество элементов, в том числе программируемых, имеют расширенные функции обеспечения эффективности и безопасности движения поездов и, вследствие этого, более сложные алгоритмы функционирования. Это затрудняет экспертизу алгоритмических и схемных решений. Кроме того, необходимость анализа работы устройства во всех режимах и на всем множестве существенных по

влиянию факторов (некорректных входных воздействий, отказах элементов системы и датчиков входной информации) делает невозможным проведение экспертизы без привлечения средств имитационного моделирования [12].

Методы имитационного моделирования предполагают создание модели реального объекта и проведение всего спектра обязательных испытаний на данной модели посредством воспроизведения на ЭВМ (имитации) процесса функционирования исследуемой системы, соблюдая логическую и временную последовательность протекания процессов. Имитационная модель в этом случае замещает материальный объект. Модель всегда проще объекта. Она отражает только некоторые его свойства, необходимые для проведения определенного анализа. Адекватность, универсальность и экономичность являются наиболее важными требованиями, предъявляемыми к модели.

Модель можно назвать адекватной объекту, который она замещает, если в исследуемых ситуациях она воспроизводит с необходимой полнотой и точностью все свойства объекта, существенные для целей данного исследования. Универсальность модели определяет область ее возможного применения. Однако повышение универсальности ведет к увеличению сложности данной модели и, следо-