

отображение кадра, изменение его размера, конвертации из цветового пространства RGB в HSV.

На следующем этапе нужно наложить на изображение цветовую маску, которая задается пороговыми значениями каждого слоя цветовой модели, для выделения области интереса в кадре.

Результатом выше проделанных действий является монохромное изображение, на котором пиксели, попавшие в диапазон заданной маски, окрашиваются белым цветом, а остальные – чёрным.

После прохождения первого этапа детекции на изображении могут присутствовать остаточные шумы фона. Для устранения шумов применяется второй этап фильтрации – усреднение значений отдельных ярких пикселей. Затем отфильтрованный кадр преобразовывается в градации серого. Далее производится бинаризация изображения по порогу яркости, что приводит к отсечению менее ярких пикселей.

Для анализа результатов фильтрации применяется контурный анализ. Контур содержит всю необходимую информацию о форме объекта, его относительных размерах. На отфильтрованном кадре находятся все внешние контуры. Затем к ним применяется алгоритм фильтрации, чтобы оставить только близкие к окружностям контуры.

На завершающем этапе производится построение матрицы моментов контура и расчет его геометрического центра. А также анализ ограниченной контуром окружности на доминирующие цвета, для определения цвета сигнала светофора. Предложенный алгоритм, позволяет с высокой точностью определять момент переключения светофора.

контактной логикой в отношении микропроцессорных технических средств управления и контроля [1, 2].

Опыт внедрения и эксплуатации микропроцессорных систем на железнодорожном транспорте (как в Украине, так и за рубежом) явно показывает, что, несмотря на значительные достижения в решении множества теоретических и прикладных задач в рамках рассматриваемого вопроса, остаётся немало «белых пятен», ставящих под сомнение достоверность и эффективность реализуемых в соответствующих направлениях мероприятий. В первую очередь это касается нормативно-технических документов, регламентирующих процедуры и требования обеспечения и доказательства безопасности, а также научных обоснований, заложенных в их формирование. В мировой и европейской практике эти требования выражаются, прежде всего, рядом стандартов групп IEC и EN (IEC 61508, EN 50126 и т.д.), а также рекомендационными документами Организации сотрудничества железных дорог (ОСЖД) – памятками Р-808, Р-843, Р-844 и т.д. Многие из этих документов и научных трудов, на которых они основываются, были взяты для формирования собственной нормативно-технической базы в сфере безопасности на железнодорожном транспорте постсоветского пространства. В Украине такая база была сформирована в начале 2000-х годов и представлена, прежде всего, государственными стандартами ДСТУ 4178-2003, ДСТУ 4151-2003 и Методикой доказательства функциональной безопасности микроэлектронных технических средств управления и регулирования движения поездов. Как выявилось впоследствии, предусмотренные данными документами методы, модели, алгоритмы и технические средства обуславливают ряд серьезных нерешённых вопросов по таким направлениям [3, 4]:

- учёт влияния безотказности и других параметров надёжности на безопасность применения микропроцессорных технических средств, что обуславливает проблему чёткого разграничения понятий «функциональная безопасность», «безопасность применения» и «безопасность движения», а также разработка методов достижения и верификации их допустимых параметров;

- обеспечение достаточного тестового покрытия функций, условий и элементов систем управления в условиях дефицита необходимых ресурсов на этапах реализации экспериментальных методов доказательства безопасности (имитационных, стендовых, комбинированных и эксплуатационных испытаний);

- обеспечение адекватности моделей всех видов, применяемых на этапах реализации расчётных, расчётно-экспериментальных и экспериментальных методов доказательства безопасности

*Бойник А. Б., Кустов В. Ф., Каменев А. Ю.,
Щеблыкина Е. В. (УкрГАЖТ)*

УДК 656.257:681.32

РАЗВИТИЕ НАУЧНЫХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ И ДОКАЗАТЕЛЬСТВУ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Вопросы обеспечения и доказательства безопасности систем и устройств железнодорожной автоматики и телеуправления становятся основополагающими при их переоснащении на микроэлектронной элементной базе с программируемой логикой. Принятый ныне научный подход к решению указанных вопросов начал формироваться в конце 70-х – начале 80-х годов прошлого столетия, когда стала очевидной неприемлемость ранее принятой концепции «безопасного элемента» для устройств с релейно-

(математических, имитационных, физических и комбинированных моделей);

- учёт дифференциации параметров микроэлектронной элементной базы в зависимости от конкретной среды и условий применения;

- проблема верификации программного обеспечения (как в части качественных, так и количественных параметров), особенно – в аспекте выявления и предотвращения недопустимых вложений;

- учёт влияния качества технической диагностики на эксплуатационные показатели надёжности и безопасности систем управления в процессе их применения, особенно – в части гарантированного выявления опасных предотказных состояний в многоканальных резервируемых устройствах;

- проблема сертификации типовых решений системы, в рамках которой отдельные поставляемые информационно-управляющие комплексы (микропроцессорные централизации отдельных станций, системы автоблокировки отдельных конкретных участков и т.д.) не могут гарантированно соответствовать заявленным сертифицированным параметрам.

В течение последних десяти лет удалось достичь значительного продвижения в разрешении вышеуказанных проблем, чему способствовала интенсификация внедрения микропроцессорных систем на железнодорожном транспорте, главным образом – промышленном. В рамках возможностей, обеспеченных опытом внедрения и сбором данных в процессе эксплуатации таких систем, удалось значительно усовершенствовать расчётные и экспериментальные модели исследования их безопасности [4 – 6].

Прежде всего, при выполнении прикладных научно-исследовательских работ и диссертационных исследований авторов доклада, полностью или частично решены следующие принципиально важные задачи:

- усовершенствованы математические модели расчёта функциональной безопасности технических средств в части учёта периода диагностирования;

- сформированы первичные модели, устанавливающие связь между безопасностью применения, функциональной безопасностью, безотказностью техники и надёжностью человека-оператора;

- разработаны методы, модели и средства имитационных испытаний, позволяющие максимально приблизить моделируемые устройства и процессы к реальным и автоматизировать процедуры экспериментирования;

- на основании синтеза имитационного и физического моделирования разработаны комбинированные методы, модели и испытательные

стенды, позволяющие в несколько раз увеличить тестовое покрытие проверяемых функций, условий и технологических ситуаций внедряемых систем с минимальными аппаратными и временными ресурсами, а также повысить достоверность испытаний на 2 – 3 порядка;

- разработаны методы и алгоритмы периодического контроля, эксплуатационных испытаний и проверки зависимостей систем управления в процессе их эксплуатации, которые позволяют выполнять проверку текущих эксплуатационных показателей, моделировать проявление предотказных состояний с последующей проверкой их выявления и реализовывать прочие необходимые процедуры технического контроля с минимальным препятствованием поездной и маневровой работе на объектах транспортной инфраструктуры.

Однако решённые задачи далеко не полном объёме решают указанные выше проблемы. Поэтому совершенствование последующей методологии обеспечения и доказательства безопасности, без которого невозможно широкое внедрение микропроцессорных систем железнодорожной автоматики на магистральном железнодорожном транспорте, требует последующих фундаментальных научно-прикладных исследований в заданных направлениях. Их осуществление возможно только в условиях заинтересованности причастных эксплуатационных, проектных, производственных предприятий и организаций с выделением необходимого финансирования.

Литература

1. Сапожников, Вл. В. Доказательство безопасности систем железнодорожной автоматики [Текст] / Вл. В. Сапожников, О.А. Наседкин // Наука и транспорт. – 2004. – № 4. – С. 10-13.
2. Sun, P. Model based system engineering for safety of railway critical systems [Text] / Pengfei Sun. – PRES Université Lille Nord de France, 2016. – 221 p.
3. Дослідження надійності та функційної безпечності мікропроцесорних систем електричної централізації стрілок та сигналів ЕЦМ та МПЦ-С [Текст]: звіт про НДР (закл. / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер держ. реєстр. 0112U000578; інв. номер 0712U006644.
4. Дослідження функційної безпечності та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації станції «Вугільна» на етапі імітаційних та стендових випробувань [Текст]: звіт з НДР (пром. / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер держ. реєстр. 0112U006925; інв. номер 0713U007283.
5. Кустов, В.Ф. Усовершенствование методов испытаний микропроцессорной централизации на

безопасность применения [Текст] / В.Ф. Кустов, А.Ю. Каменев // Актуальные вопросы развития систем железнодорожной автоматики и телемеханики: сборник научных трудов. – СПб.: ПГУПС, 2013. – С. 103 – 118.

6. Патент № 77047. Україна МПК G05B 23/00. Комбінований випробувальний комплекс мікропроцесорної централізації стрілок та сигналів (КВК МПЦ) [Текст] / О.Ю. Каменев, В.Ф. Кустов; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. – № U201208749; заявл. 16.07.2012; опубл. 25.01.2013, Бюл. № 2. – 6 с.

*Мойсеенко В. И., Каменев А. Ю., (УкрГУЖТ)
Гаевский В. В. (ООО «НПП «Желдоравтоматика»)
УДК 656.257:681.32*

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ

Настоящее время характеризуется интенсификацией внедрения микропроцессорных информационно-управляющих систем на магистральном железнодорожном транспорте Украины. Системы микропроцессорной централизации, интегрированной микропроцессорной автоматической блокировки, полуавтоматической блокировки с радиоканалом, диспетчерской централизации и диспетчерского контроля подтвердили свою гораздо более высокую эффективность по сравнению как с релейными, так и комбинированными (релейно-процессорными) аналогами [1].

Большинством исследователей и практиков в предметной области вполне закономерно отмечается, что ключевой проблемой при внедрении современных микропроцессорных систем управления и регулирования движения поездов является доказательство и обеспечение безопасности их функционирования [2, 3].

Не менее важной задачей является также обеспечение достаточного уровня безотказности ответственных систем управления. Связано это, прежде всего, с разграничением понятий «функциональная безопасность» и «безопасность применения» («безопасность функционирования»). В то время как первое понятие является системным свойством, независимым от безотказности, второе – является комплексной характеристикой, зависящей как от функциональной безопасности, так и всех параметров надёжности. В частности, в работе [4] начаты исследования по установлению количественной взаимозависимости между

безопасностью применения эргатической системы управления (на примере электрической централизации) и её безотказностью с учётом вероятности ошибок человека-оператора (на примере дежурного по станции и его оперативных подчинённых) во вспомогательных режимах функционирования. Полученные результаты, хоть и требуют дальнейшего развития и уточнения, явно доказывают, что решение исключительно вопросов функциональной безопасности не являются гарантией безопасности применения системы в условиях эксплуатации.

Важным научно-прикладным заданием в рамках поставленной проблемы обеспечения и доказательства надёжности и безопасности информационно-управляющих систем железнодорожной автоматики является определение технического состояния их программно-аппаратных устройств в процессе эксплуатации. Прежде всего это касается диагностирования и прогнозирования технического состояния микропроцессорных контроллеров, управляющих ЭВМ и других компонентов ответственных систем, связанных с безопасностью движения. При этом существующая методология технической диагностики в аспекте прогнозирования базируется на обработке статистических данных о функционировании заданной системы или подобных ей систем за определённый период. Однако в отечественных реалиях проблемой обработки статистических данных является их ограниченность, вызванная незначительным опытом эксплуатации микропроцессорных систем в Украине [5].

Соответственно, совершенствование методов и средств определения технического состояния микропроцессорных систем управления и контроля требует принципиально отличающихся подходов, базируемых на обработке данных статистики малых выборок (микростатистики). Полученные на данный момент результаты, которые были опубликованы в материалах международной наукометрической базы данных Scopus [5], подтверждают принципиальную возможность осуществления диагностики и прогнозирования в рамках обработки микростатистики. Но её реализация требует последующих научно-прикладных исследований. Дополнительным аспектом реализации поставленного задания является развитие технологии интерактивного взаимодействия как между оперативным персоналом и техникой, так и обслуживающим персоналом и техникой. В таких условиях повышается эффективность и достоверность получения данных о процессах функционирования системы, что позволяет сократить доверительные интервалы определения вероятностей отказов техники (как опасных, так и защитных) в процессе обработки статистических данных [6].

Практическая реализация поставленного научно-