

Міністерство освіти і науки України

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»



*Присвячується
95-річчю Донецького національного технічного університету
та 55-річчю кафедри автоматики і телекомунікацій*

«ТАК»

Телекомунікації, автоматика,
комп'ютерно-інтегровані технології

Збірка доповідей Міжрегіональної науково-
практичної конференції молодих учених
(Красноармійськ, 16-17 листопада 2015 р.)

Красноармійськ
ДВНЗ «ДонНТУ»
2015

УДК 621.39+681+004
Т 15

Рекомендовано до видання Вченою радою ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (протокол № 3 від 26.11.2015р.)

Редакційна колегія:

д-р техн. наук А.А. Зорі (відповідальний редактор);
канд. техн. наук С.В. Василець (відповідальний секретар);
канд. техн. наук В.В. Поцєпаєв; канд. техн. наук В.М. Ставицький;
канд. техн. наук В.Я. Воропаєва; канд. техн. наук В.П. Тарасюк;
ст. викл. Г.В. Ступак; канд. філол. наук І.С. Грабовенко

Відповідальність за зміст, новизну та оригінальність наданого матеріалу несуть автори.

Т 15 **«ТАК»:** телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології: зб. доповідей Міжрегіон. наук.-практ. конф. молодих вчених, 16-17 листопада 2015 р. / ДВНЗ «ДонНТУ»; відп. ред. А.А. Зорі. – Красноармійськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2015. – 265 с.

ISBN 978-966-377-193-9

До збірника увійшли матеріали доповідей, представлених на Міжрегіональній науково-практичній конференції молодих учених «ТАК»: телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології. Конференція проводилася факультетом комп'ютерних інформаційних технологій, автоматики, електроніки і радіотехніки (КІТАЕР) ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» на честь 95-річчя ДонНТУ та 55-річчя кафедри автоматики і телекомунікацій.

У збірнику представлені результати досліджень та розробок молодих вчених із технічних вузів та наукових закладів України (Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Івано-Франківськ, Краматорськ, Красноармійськ, Маріуполь, Одеса, Харків).

Збірник призначений для викладачів, аспірантів і студентів вищих технічних навчальних закладів, а також фахівців з телекомунікацій, автоматизації, інформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій, електротехніки та електромеханіки.

УДК 621.39+681+004

ISBN 978-966-377-193-9

© ДВНЗ «ДонНТУ», 2015

СЕКЦІЯ 3

«Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології»

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Каменев А.Ю., к.т.н., alexstein@meta.ua

Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, г. Харьков, Украина

В настоящее время на сети железных дорог Украины более 95% устройств и систем автоматики и телемеханики, обеспечивающих интервальное регулирование движения поездов на станциях и перегонах, реализованы на морально и физически устаревшей релейно-контактной элементной базе. Тем не менее, не смотря на принятые программы развития, модернизация данных систем с использованием микроэлектронной базы и программируемой логики выполняется весьма незначительными темпами [1].

Указанный порядок вещей связан, прежде всего, не с финансовыми проблемами, а со спецификой управления и регулирования движения поездов, связанной с обеспечением достаточного уровня безопасности перевозочного процесса. Для релейно-контактных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) концепция обеспечения безопасности базируется на использовании реле первого класса надёжности, позволяющего применять в устройствах ЖАТ одноканальные схемы управления и контроля. При этом критерием опасного отказа любой системы ЖАТ (как релейной, так и микропроцессорной) является, в подавляющем большинстве случаев, поведение, которое гипотетически приводит к несанкционированному переводу стрелки и/или включению на светофоре более разрешающего показания (независимо от того, приводит ли указанное нарушение к транспортному происшествию или нет) [2].

В то же время внешняя неочевидность безопасного поведения микроэлектронных устройств и их программного обеспечения (ПО) исключает применения большинства таких устройств общепромышленного назначения в системах ЖАТ. Согласно действующему стандарту ДСТУ 4178-2003, которому должны соответствовать все внедряемые системы ЖАТ, предъявляемые к ним количественные требования по функциональной безопасности (ФБ), определяемые вероятностью опасного отказа $Q_{on}(t)$ за каждый

час эксплуатации на одну ответственную операцию в течение времени t ($Q_{on}(t)/t$), определяются табл. 1. При этом следует отметить, что с учётом роли железнодорожного транспорта в экономике Украины и связанной с ней интенсивностью движения поездов регламентируемые ДСТУ 4178-2003 нормы ФБ гораздо более жёсткие по сравнению с международными стандартами в сфере безопасности технологических процессов (IEC 1608, Международной шкалой допустимого риска и т.д), которые устанавливают (прямо или косвенно) параметр $Q_{on}(t)/t$ на уровне 10^{-6} 1/ч [3].

Таблица 1

Основные количественные требования к ФБ систем ЖАТ

Уровень ФБ	Макс. знач. $Q_{on}(t)/t$, 1/ч		Участки ж.д., на которых допустимо применение систем ЖАТ
	проектн. норматив	эксплуат. норматив	
I	$0,7 \cdot 10^{-8}$	$8,1 \cdot 10^{-8}$	Только с маневровой работой
II	$0,7 \cdot 10^{-9}$	$8,1 \cdot 10^{-9}$	Без пассажирского движения
III	$0,7 \cdot 10^{-10}$	$8,1 \cdot 10^{-10}$	Без скоростного пассажирского движения
IV	$0,14 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-10}$	Со скоростным пассажирским движением

Достижение указанных в табл.1 показателей ФБ обеспечивается выполнением концепции безопасности ЖАТ, согласно которой одиночные дефекты аппаратных и программных средств не должны приводить к опасным отказам и должны обнаруживаться с заданной вероятностью при рабочих и тестовых воздействиях не позже, чем в системе проявится очередной дефект [2].

Реализация вышеуказанной концепции и связанных с ней стратегий сводится, прежде всего, к применению резервированных (многоканальных) информационно-управляющих устройств ЖАТ, преимущественно – технических средств с нагруженным дублированием (резервирование по принципу «2 из 2-х» с решающим элементом «И») и мажоритарным резервированием по принципу «2 из 3-х». В первом случае опасный отказ всего технического средства происходит только при его проявлении во всех 2-х каналах, а во втором – как минимум в 2-х из 3-х имеющихся каналах устройства. Дополнительным методом повышения ФБ резервированных технических средств ЖАТ на 2 – 3 порядка является введение периодического контроля исправности их элементов. Внедрение микропроцессорной системы ЖАТ в эксплуатацию при этом выполняется только после прохождения многоэтапной процедуры доказательства безопасности, решающей составляющей которой является сертификация на соответствие нормам соответствующих стандартов (табл. 1) [2 – 4].

Таким образом, разработанная в течение примерно трёх десятилетий нормативная и методологическая база обеспечения и доказательства безопасности микроэлектронных систем ЖАТ в целом позволила решить про-

блему их ФБ. Но последующий опыт их эксплуатации показал, что акцентуация внимания только на предотвращении опасных отказов и пренебрежение защитными отказами (приводящими к аварийному останову системы или её части) при нормировании безопасности ЖАТ фактически снижает подтвержденные уровни безопасности, отмеченные в табл. 1. Связано это, прежде всего, с недопустимостью длительного простоя в работе устройств ЖАТ при их защитных отказах из-за необходимости выполнения производственных планов работы железных дорог (срыв которых недопустим ввиду экономического, социального и оборонного значения железнодорожного транспорта). Поэтому в случае недостаточной безотказности, даже при идеальных формальных показателях ФБ, чрезмерный период восстановления системы после защитных отказов приводит к эксплуатации систем ЖАТ (большинство из которых эргатические) во вспомогательном режиме, при котором не минимизируется или недостаточно минимизируется человеческий фактор. Это приводит к фактическому увеличению степени риска при эксплуатации системы выше допустимого (по международной шкале). Впервые данная проблема была обоснована автором доклада в работах [5, 6].

Исходя из проведённых исследований установлено, что если считать оператора составляющим элементом системы «человек-машина», то вероятность её опасного отказа $Q_{on}(t)$ будет составлять:

$$Q_{on}(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda_{н ЖАТ} t}, & t < t_3 \text{ или } t \geq t_3 + T + \Delta t, \\ 0, & t_3 \leq t < t_3 + T, \\ 1 - e^{-n \lambda_{очел} (t - t_3 - T)}, & t_3 + T \leq t < t_3 + T + \Delta t, \end{cases} \quad (1)$$

где $\lambda_{н ЖАТ}$ – интенсивность опасных отказов системы ЖАТ в штатном режиме (когда исключён или минимизирован человеческий фактор);

t – текущее время эксплуатации системы ЖАР;

t_3 – момент возникновения защитного отказа;

T – время допустимого простоя в работе системы ЖАТ;

Δt – превышения времени восстановления системы ЖАТ над временем её допустимого простоя T ;

$\lambda_{очел}$ – интенсивность опасных отказов (ошибок) человека;

n – количество людей, непосредственно задействованных в выполнении технологической операции ЖАТ во вспомогательном режиме.

С учётом, что в среднем интенсивность опасных ошибок человека-оператора составляет 10^{-3} 1/ч, принимая формальное соответствие системы ЖАТ 4-му уровню ФБ (табл. 1), в результате расчёта по формуле (1) даже при наличии только одного человека-оператора вероятность опасного отказа системы ЖАТ может варьироваться в пределах 10^{-11} – 10^{-3} 1/ч. Такой диапазон не соответствует ни национальным, ни международным стандартам по безопасности, что требует решения затронутой проблемы путём

выработки рациональных нормативов по безотказности и их сопоставления с нормативами по ФБ.

Література

1. Кошевий, С.В. Сучасні інформаційні технології в системах залізничної автоматики [Текст] / С.В. Кошевий, В.Б. Романчук // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2011. – № 4. – С. 91 – 98.

2. Кустов, В.Ф. Основи теорії надійності та функціональної безпечності систем залізничної автоматики [Текст]: навчальний посібник для вузів / В. Ф. Кустов. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 218 с.

3. ДСТУ 4178-2003. Комплекси технічних засобів систем керування та регулювання руху поїздів. Функційна безпечність і надійність. Вимоги та методи випробовування [Текст]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 32 с.

4. Мойсеєнко, В.І. Методи та моделі підвищення безпеки використання систем керування залізничної автоматики шляхом оперативного виявлення порушень [Текст]: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / В.І. Мойсеєнко; Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 356 с. – Бібліогр.: С. 298 – 324.

5. Дослідження функційної безпечності та електромагнітної сумісності мікропроцесорної системи електричної централізації станції «Вугільна» на етапі імітаційних та стендових випробувань [Текст]: звіт з НДР (пром.ж.) / УкрДАЗТ; керівник А.Б. Бойнік, 2012. Номер держ. реєстр. 0112U006925; інв. номер 0713U007283.

6. Каменев, О.Ю. Проблематика підходів до дослідження безпеки використання ергатичних систем керування на залізничному транспорті [Текст] / О.Ю. Каменев // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2013. – Вип. 44. – С. 7 – 16.

Анотація

Представлені основні проблеми, пов'язані із впровадженням мікропроцесорних систем автоматики і телемеханіки на залізничному транспорті. Увагу приділено забезпеченню безпеки використання таких систем як з позиції функційної безпечності, так і безвідмовності. Запропоновано шляхи вирішення зазначених проблем.

Ключові слова: залізнична автоматика і телемеханіка, функційна безпечність, безвідмовність, нормування безпечності.

Аннотация

Представлены основные проблемы, связанные с внедрением микропроцессорных систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. Внимание уделено обеспечению безопасности использования таких систем как с позиции функциональной безопасности, так и безотказности. Предложены пути решения указанных проблем.

Ключевые слова: железнодорожная автоматика и телемеханика, функциональная безопасность, безотказность, нормирования безопасности.

Abstract

The main problems associated with the introduction of microprocessor systems of automation and remote control of railway transport. Attention is paid to the security of such systems both from the point of functional safety and reliability. The ways of solving these problems are offered.

Keywords: railway automation and remote control, functional safety, reliability, security valuation.

2.15	Шепляков Д.В., Маслова Н.О., Курило О.В. ЕЛЕКТРОННИЙ ПІДРУЧНИК «АНАЛІЗ ТА РОЗРОБКА КОНТУРНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАФІКА».....	145
2.16	Дегтярь А.В. ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТОВ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ.....	148
СЕКЦІЯ 3. Автоматизації та комп'ютерно-інтегровані технології		
3.1	Каменев А.Ю. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ....	151
3.2	Чуркин А.С., Поцеваев В.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАРОГЕНЕРАТОРОМ.....	155
3.3	Астафьев Н.А., Дмитриева О.А. ПОДСИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКОВ БЕЗАВАРИЙНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ	158
3.4	Гарматенко И.А., Поцеваев В.В. СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ.....	161
3.5	Мельник А.І. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОГОДО ЗАЛЕЖНОГО УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИМІЩЕННЯ.....	164
3.6	Сагайдачный В.Г., Пушкарев А.С. ОПТИМИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ТАБЛИЦЫ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТИ МАРШРУТОВ.....	167
3.7	Белоусов О.Ю. АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ ДІЛЬНИЦІ ШАХТИ ПРИ КОРОТКОМУ ЗАМИКАННІ.....	170