

УДК 004.896+656:25

**М. А. Гордон, М. Н. Василенко, Д. В. Седых, Д. В. Зуев**

## **МАСКИРОВКА ОШИБОК В ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ОБНАРУЖЕНИЯ**

Дата поступления: 16.08.2016

Решение о публикации: 16.12.2016

**Цель:** Исследование видов маскировки ошибок в технической документации и методов их устранения. **Методы:** Используются методы теории информации, а также теории графов для представления технической документации в электронном виде. **Результаты:** Дано определение ошибки в технической документации. Описаны основные проблемы и особенности при работе с электронной технической документацией. Рассмотрены особенности отдельных видов документов, ошибки в которых могут повлечь за собой опасные последствия, такие как аварии и крушения поездов. Исследованы причины возникновения ошибок, а также степень их обнаружимости в различных документах и на разных стадиях эксплуатации систем автоматики. Разработана классификация маскировки преднамеренных ошибок по следующим критериям: по выбору технологического момента времени, кратности ошибки, по времени ее существования, по обнаружимости. Отдельно изучены вопросы маскировки ошибок по кратности и особенности для различных схем автоматики. Приведены примеры маскировок различных видов ошибок в реальных схемах устройств автоматики с исследованием последствий. Предложены методы защиты от ошибок в электронной документации. **Практическая значимость:** Применение созданного классификатора ошибок позволяет перейти к практической разработке технических решений по автоматизированной проверке технической документации. В данной статье описаны ошибки в технической документации, хранимой в электронном виде; предложены методы защиты от ошибок в электронной технической документации, которые при применении их комплексно смогут выйти на новый уровень безопасности использования современных подходов к проектированию и ведению технической документации.

Электронный документооборот, АРМ-ВТД, кибербезопасность, техническая документация.

**Mikhail A. Gordon**, engineer, gordon\_ma@mail.ru; **Mikhail N. Vasilenko**, D. Eng., professor, vasilenko.m.n@gmail.com; **\*Dmitry V. Sedykh**, engineer, sedyhdmityr@gmail.com; **Denis V. Zuev**, Cand. Eng., associate professor, zuevdv@gmail.com (Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University) **CONCEALED ERRORS IN ELECTRONIC TECHNICAL DOCUMENTATION AND METHODS FOR THEIR DETECTION**

**Objective:** Research the types of concealed errors in technical documentation and elucidate methods for their elimination. **Methods:** Information theory methods and graph theory methods for presenting technical documentation in electronic format are employed. **Results:** A definition is given for error in technical documentation. Main problems and specifics pertaining to work with electronic technical documentation are examined. Specifics of particular types of documents wherein errors may cause severe repercussions such as train breakdowns and derailment are examined. Causes of errors are investigated, along with the extent of their detectability in various documents and at various stages of automatic systems operation. A classification was developed for concealed deliberate errors, based on the following criteria: technological time point, error repetition factor, error existence time and error detectability. Additionally,

the research investigates error concealment based on the repetition factor and specifics for various automatics designs. Examples are given for concealment of various types of errors in real automatics structure diagrams, with investigation of their consequences. Methods of protection against errors in electronic documentation are suggested. **Practical importance:** The application of the suggested error classification allows to proceed toward practical design of technical solutions for automated checking of technical documentation. This article describes errors in technical documentation stored in electronic format. The article suggests methods for protections against errors in electronic technical documentation, which, when applied in an integrated fashion, will allow for a new level of safety in the application of modern approaches toward planning and maintaining technical documentation.

Electronic document flow, automated workplace for technical documentation maintenance, cybersecurity, technical documentation.

## Введение

В настоящее время хозяйство автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» переходит на безбумажные технологии. В ближайшее время вся техническая документация (ТД) будет только электронной, в частности и на микропроцессорные системы электрической централизации. В связи с тем, что ТД на объекты железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) переходит полностью в киберпространство, возникает вопрос о кибербезопасности электронной ТД [1, 2].

Главным вопросом кибербезопасности является защита объектов (в рассматриваемом случае это ТД) от кибератак, которые могут либо нарушать конфиденциальность ТД, либо изменять ТД, внося в нее ошибки.

## Понятие ошибки и ее маскировки в технической документации

Перед тем, как дать определение ошибки, будем разделять ТД ЖАТ на проектную (до ввода в эксплуатацию) и исполненную (после ввода в эксплуатацию систем ЖАТ и соответствующую действующим устройствам). Внесение изменения в исполненную документацию возможно только в случаях, определенных инструкцией по ведению технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики, утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 18 августа 2015 г. № 2080р.

Тогда под ошибкой проектной ТД будем понимать любое отклонение от нормативно-технической документации (НТД) (ГОСТов, ОСТов, инструкций, типовых материалов по проектированию, технических решений, указаний и т.д.), приводящее к невыполнению функциональных требований к системе. Ошибкой в исполненной ТД понимается любое внесение изменений в нее, не соответствующее причине изменений (указания, приказа, распоряжения и др.).

По причине возникновения ошибки можно разделить на:

1) случайные – ошибки в электронном документе, возникшие в случае какого-либо технического сбоя без влияния человека;

2) преднамеренные – изменение электронного документа посредством кибератаки, включая изменение ТД на каком-либо этапе ее жизненного цикла как по злему умыслу, так и по незнанию нормативной документации, приводящее к изменению логики системы или не стабильной ее работе.

Необходимо понимать, что не все ошибки могут быть обнаружены. То есть возможна такая ситуация, когда техническое решение с ошибкой может пройти все согласования и проверки. Таким образом, ошибка маскируется различными факторами, о которых будет рассказано ниже.

Маскировки преднамеренных ошибок в ТД можно классифицировать по следующим критериям:

– по выбору технологического момента времени (внесение ошибки после сохранения

и утверждения проекта, после внешнего контроля, по результатам необходимых изменений при производстве, в результате плановых изменений в ТД);

- по выбору типа ТД (внесение ошибки в текстовые документы, эксплуатационные чертежи, принципиальные схемы, монтажные схемы, программное обеспечение);

- по кратности ошибки (одиночные, кратные);

- по времени существования (статические, временные);

- по обнаружимости (в процессе стандартных проверок при пуско-наладочных работах (ПНР), не обнаружимые).

Ошибки по выбору технологического момента времени можно разделить на внесенные:

- в процессе проектирования;

- после сохранения и утверждения проекта институтом-проектировщиком в момент передачи ТД на внешний контроль, экспертизу, согласование, утверждение;

- после внешней экспертизы, согласования и утверждения в момент передачи на завод-изготовитель и в производство;

- в процессе ПНР;

- в результате процесса плановых изменений ТД в эксплуатирующей организации.

## Ошибки по типам ТД

Ошибки по выбору типа ТД можно разделить на следующие:

1. *Ошибки, внесенные в текстовые документы.*

Например, если в таблице зависимости положения стрелок и сигнальных показаний светофоров в маршрутах (ТВЗ) появляются ошибки, то при реализации ее могут произойти аварии или крушения, так как в ТВЗ прописывается вся логика функционирования станции при микропроцессорных системах электрической централизации (МПС).

Ошибки в таблице зависимости особенно опасны на этапе проектирования. Таблица

есть исходные данные для составления программного обеспечения (ПО). Если произойдет кибератака на таблицу после ее согласования и утверждения и передачи задания на формирование ПО, то это не повлияет на функциональность системы, и данная ошибка будет обнаружена при проверке ПО и соответствия его таблице зависимости.

Ошибки в спецификациях могут повлечь дополнительные материальные затраты и отказы, если будет изменен тип заказываемого оборудования.

2. *Ошибки, внесенные в эксплуатационные чертежи.*

Так же как и ТВЗ, схематический план есть исходные данные для составления ПО МПС. Ошибки в схематическом плане особенно опасны на этапе проектирования. Если произойдет кибератака на схематический план после его согласования и утверждения и передачи задания на формирования ПО, то это не повлияет на функциональность системы.

Ошибки в двухниточном плане могут привести к авариям, задержкам поездов, снижению производительности труда. Например, если появится ошибка, изменяющая тип дроссель-трансформатора, это может вызвать его отказ (выход из строя).

Ошибка в чертежах кабельных сетей может привести к задержкам поездов, снижению производительности труда, дополнительным материальным затратам, в частности когда она изменяет тип кабеля, то к влияниям в цепях ЖАТ, таким как ложное занятие рельсовых цепей.

3. *Ошибки, внесенные в принципиальные схемы.*

В связи с тем, что вся логика систем ЖАТ приведена в принципиальных схемах, то и ошибки в них могут вызвать различные последствия, поэтому они являются наиболее опасными.

Ошибки в принципиальных схемах можно разделить на три вида:

- обнаруживаемые системой и приводящие ее в защитное состояние;

– не обнаруживаемые системой, но выявляемые в процессе ПНР;

– не обнаруживаемые системой и не выявляемые в процессе ПНР.

4. *Ошибки, внесенные в монтажные схемы.*

В связи с тем, что монтажные схемы являются реализуемым на оборудовании и конструктивах воплощением принципиальных схем, то ошибки в них идентичные, но отображаются они иначе, поэтому еще более трудно обнаруживаемые.

5. *Ошибки, внесенные в схемы аппаратов управления.*

Так же как и ошибки в принципиальные схемы, ошибки в схемах аппаратов управления могут приводить к опасным ситуациям. Одним из примеров может служить ошибка, вследствие которой происходит неверное подключение проводов от кнопок: оно может привести к неверным действиям дежурного.

6. *Ошибки, внесенные в программное обеспечение.*

Ошибки в ПО могут происходить только на этапе проектирования разработчиком МПЦ. После записи ПО на компакт-диск оно изменяться не сможет даже в случае кибератаки. Изменить его может лишь разработчик своими силами и установить новое ПО на действующей станции только после проверки всех функциональных зависимостей на имитаторе. В связи с тем, что на российском рынке имеются и иностранные фирмы-разработчики ПО для систем безопасности на железнодорожном транспорте, есть вероятность и преднамеренной ошибки в ПО самим разработчиком.

### **Маскировка кратностью ошибки**

Ошибки по кратности можно разделить на одиночные и кратные.

Под одиночной ошибкой будем понимать одно изменение в одной единице ТД, приводящее к изменению логики системы (исключение какой-либо одной проверки в каком-либо

алгоритме системы, добавление одной лишней проверки в каком-либо алгоритме системы, исключение одного защитного устройства и т. д.).

Под кратной ошибкой будем понимать совокупность нескольких одиночных ошибок.

В современных отечественных системах ЖАТ практически все одиночные ошибки не приводят к опасным ситуациям, а переводят систему в защитное состояние. Например, если исключить контроль положения стрелки при установке маршрута только в наборной части, то маршрут задастся, но система перейдет в защитное состояние и светофор не откроется. Однако, если исключить данный контроль и в наборной части, и в исполнительной части системы, то может произойти опасная ситуация.

### **Маскировка по времени существования ошибки**

Ошибки по состоянию можно разделить на статические и временные.

Под временными будем понимать такие ошибки, которые проявляются либо в ТД только в какой-нибудь промежуток времени, например во время монтажа на производстве или на объекте строительства, а потом автоматически исчезают, либо, наоборот, после ПНР и ввода в эксплуатацию объекта в какой-нибудь заранее определенный момент времени.

Под статическими будем понимать те ошибки, которые по истечению времени автоматически не исчезают.

Временным ошибкам более всего подвержена ТД на ПО микропроцессорных систем.

### **Маскировка обнаружения при ПНР**

Ошибки по обнаружимости можно разделить на обнаружимые в процессе стандартных проверок во время ПНР и необнаружимые.

Под обнаружимой будем понимать такую ошибку в ТД, которая проявляется при процессе стандартных проверок во время ПНР, регламентируемых инструкцией ЦШ/571.

Под необнаружимой будем понимать ошибку, которая не проявляется в процессе ПНР.

### Примеры ошибок в ТД

В качестве ошибок в ТД приведем такие примеры:

1. Одиночная ошибка, обнаруживаемая системой и приводящая ее в защитное состояние. На рис. 1 показана схема управления стрелкой для системы EBI Lock 950. В качестве изменения схемы выступает перепутывание фаз питания стрелочного электропривода. При этом по команде перевода стрелки в «плюс» стрелка переведется в «минус». Но система, получив минусовой контроль стрелки, перейдет в защитное состояние.

2. Одиночная ошибка, не обнаруживаемая системой и приводящая ее в опасное состояние, но выявляемая в процессе ПНР. На рис. 2 показана схема релейного шкафа входного светофора для системы EBI Lock 950. В качестве изменения схемы выступает перепутывание проводов «1Ж» и «3», идущих с поста ЭЦ в релейный шкаф. При этом по команде зажигания желтого огня на светофоре загорится зеленый огонь. В системе будет ложно осуществляться контроль горения желтого огня. Но при ПНР это обнаруживается визуально. На рис. 3 показано то же изменение в схеме, но представленное в монтажной документации.

3. Кратная ошибка, не обнаруживаемая системой, приводящая ее в опасное состояние и не выявляемая в процессе ПНР. На рис. 4 показана схема релейного шкафа входного светофора для системы EBI Lock 950. В качестве изменения схемы служит включение переключающего контакта реле «ДСН» в цепь включения желтого огня, тыловой контакт присоединен с проводом «3». При этом при включенном режиме двойного снижения напряжения по команде зажигания желтого огня на светофоре

загорится зеленый огонь. В системе будет ложно осуществляться контроль горения желтого огня. При ПНР нет проверок огней светофоров в режиме двойного снижения напряжения (ДСН), и значит, это изменение схемы никак не обнаружится. На рис. 5 показано то же изменение в схеме, но представленное в монтажной документации.

### Методы защиты от ошибок в электронной ТД

Для защиты от ошибок (в том числе и кибератак) должен быть использован комплекс мер защиты, включающий в себя:

1. Использование отечественного ПО для ведения ТД [3–5] на всех этапах ее жизни (проектирование, производство на заводе-изготовителе, ведение в эксплуатирующей организации), обеспечивающее исключение недекларированных возможностей и несанкционированного доступа к ТД.

2. Применение технологии электронной цифровой подписи для защиты ТД и проверки наличия несанкционированного изменения в ТД на всех стадиях жизни (от проектирования до эксплуатации) [6].

3. Создание эталонного образца ТД, периодическая сверка используемой ТД с эталонной копией (контрольным экземпляром) [7–9].

4. Внедрение экспертной системы проверки ТД АС-ЭСР [10–16], которая проводит полную функциональную проверку эксплуатационной ТД, включая текст ПО для релейно-процессорных и микропроцессорных систем, выполняет соответствие одного типа ТД с другим типом (соответствие двухниточного плана станции со схематическим планом, таблиц зависимости положения стрелок и сигнальных показаний светофоров в маршрутах со схематическим планом, монтажных схем с принципиальными схемами и т. д.).

Для осуществления защиты от ошибок электронной ТД необходимо создать отечественный программный комплекс экспертной проверки ТД, поддерживающий технологию



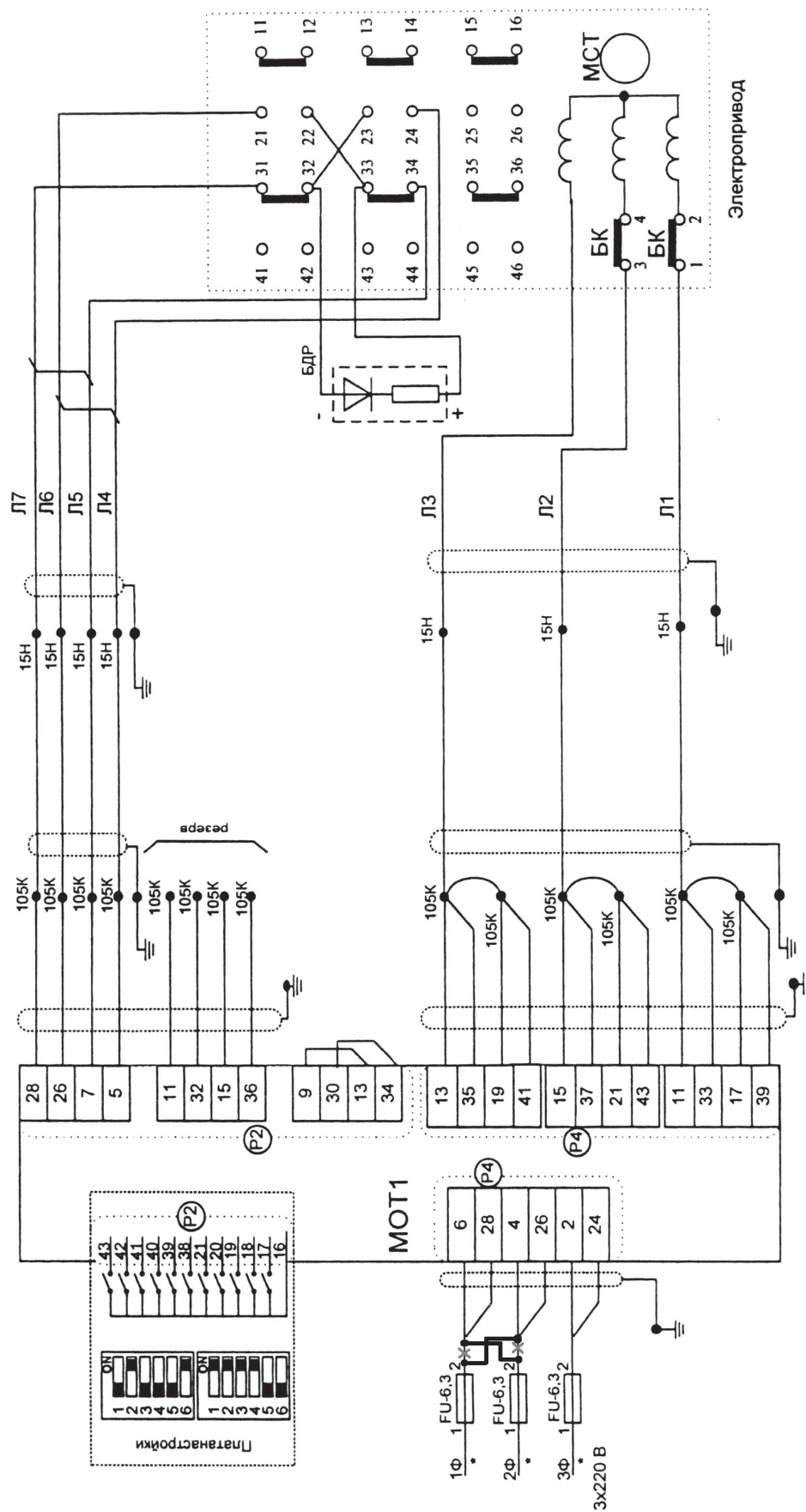


Рис. 1. Ошибка, обнаруживаемая системой и приводящая ее в защитное состояние



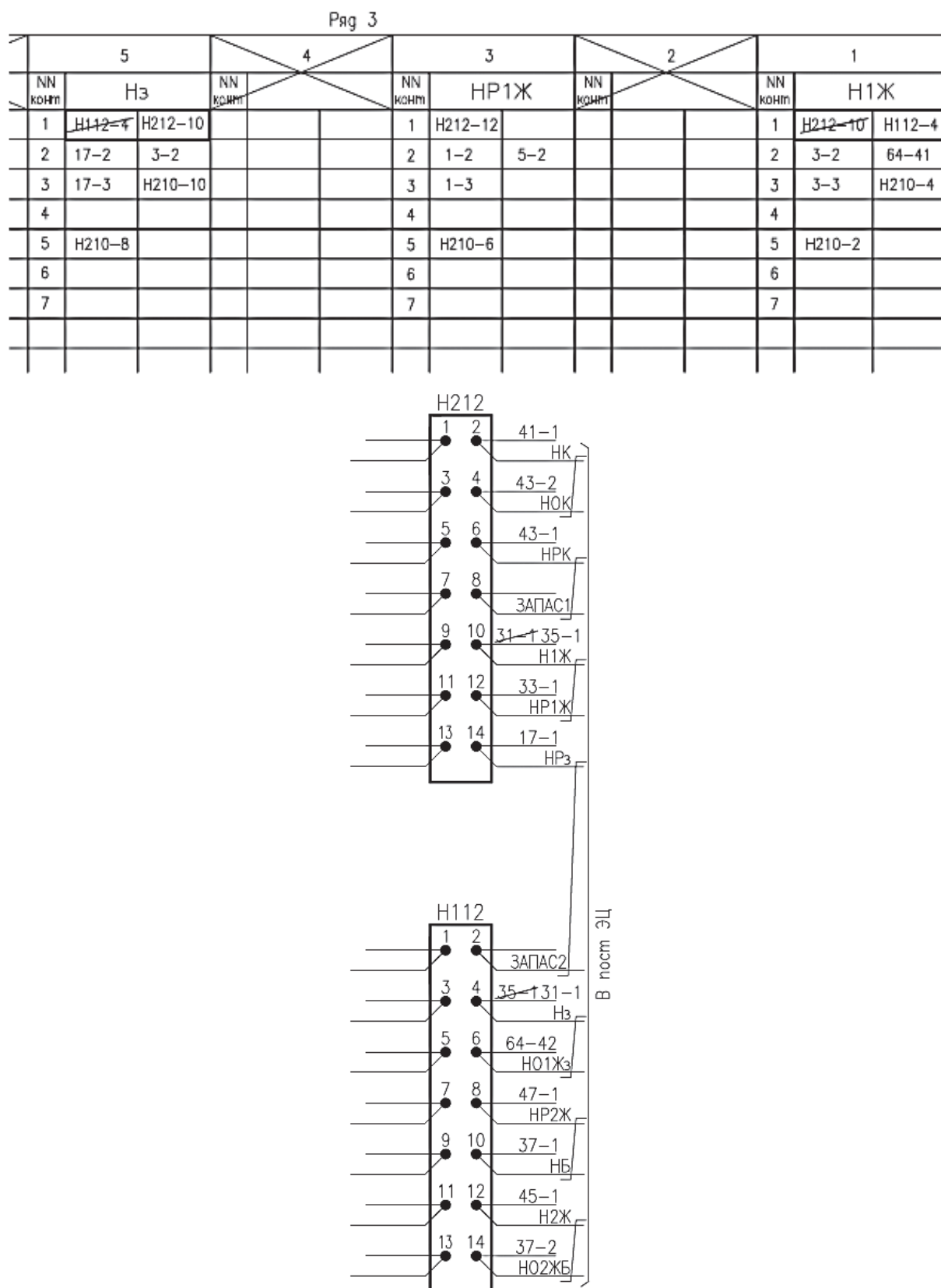


Рис. 3. Ошибка, не обнаруживаемая системой и приводящая ее в опасное состояние, но выявляемая в процессе ПНР (монтажная схема)





Ряд 3											
5			4			3			2		
NN конт	Нз		NN конт			NN конт	НР1Ж		NN конт		
1	H112-4	72-11				1	H212-12				
2	17-2	3-2				2	1-2	5-2			
3	17-3	H210-10				3	1-3				
4						4					
5	H210-8					5	H210-6				
6						6					
7						7					

Ряд 7		
2		
NN конт	ДСН	
1	H18-4-2	
2	H18-3-2	
3	4	
4	3	
12	31-1	
11	H212-10	
13	35-1	
22		
21		
23		
32	БЛ60-1	
31	63-43	
33	БЛ59-1	
42		

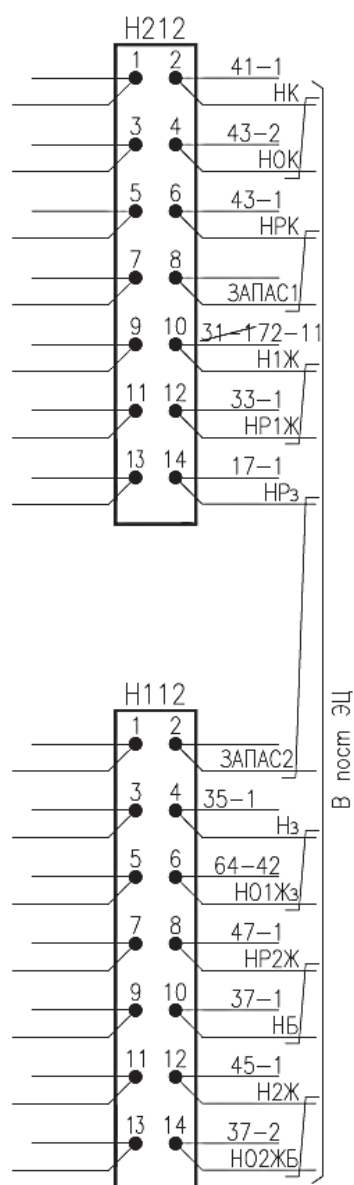


Рис. 5. Ошибка, не обнаруживаемая системой и приводящая ее в опасное состояние, но не выявляемая в процессе ПНР (монтажная схема)

электронной цифровой подписи, а также в хозяйстве железнодорожной автоматики и телемеханики следует регламентировать и ужесточить режим хранения, работу и сверку ТД, хранимой в электронном виде.

## Заключение

Разработанная классификация типов маскировки ошибок в электронной ТД показала, что она, хранимая в хозяйстве автоматики и телемеханики по существующей технологии, подвержена кибератакам, которые могут привести к авариям, задержкам поездов, снижению производительности труда и т.д. Для исключения опасного влияния кибератак необходимо пересмотреть технологию проектирования и ведения ТД, введя защиту от преднамеренного доступа к ней и проверки соответствия ТД как эталонным образцам, так и одного типа с другим типом. Такие проверки следует проводить на разных этапах жизненного цикла ТД. А проверки на соответствие с эталонным образцом нужно выполнять периодически.

## Библиографический список

1. Василенко М. Н. Кибербезопасность технической документации ЖАТ / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 7. – С. 21–23.
2. Василенко М. Н. Кибербезопасность технической документации железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, Д. В. Зуев // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 2(57). – С. 55–58.
3. Василенко М. Н. Принципы организации электронного документооборота технической документации / М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, П. Е. Булавский, Д. В. Седых // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 7. – С. 31–35.
4. Василенко М. Н. Развитие электронного документооборота в хозяйстве АТ / М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Зуев, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 1. – С. 14–16.
5. Седых Д. В. Применение отраслевого формата технической документации на устройства железнодорожной автоматики и телемеханики для интеграции приложений / Д. В. Седых, С. А. Суханов // Изв. ПГУПС. – 2005. – Вып. 3. – С. 74–79.
6. Василенко М. Н. Согласование и утверждение технической документации с использованием электронной цифровой подписи / М. Н. Василенко, П. Е. Булавский, Б. П. Денисов, Д. А. Имануилов // Наука и техника транспорта. – 2010. – № 1. – С. 18–23.
7. Василенко М. Н. Сверка технической документации ЖАТ / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев, Р. Т. Мустафаев // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 11–13.
8. Балугев Н. Н. Проблемы внедрения отраслевого формата / Н. Н. Балугев, М. Н. Василенко, В. Г. Трохов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2010. – № 3. – С. 2.
9. Матушев А. А. Распознавание структуры монтажных схем ЖАТ / А. А. Матушев, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2015. – № 10. – С. 4–7.
10. Горбачев А. М. Автоматизация анализа, экспертизы и сверки технической документации системы железнодорожной автоматики и телемеханики / А. М. Горбачев // Изв. ПГУПС. – 2012. – Вып. 4. – С. 73–78.
11. Безродный Б. Ф. Автоматизация проверки проектов на основе АРМ-ТЕСТ / Б. Ф. Безродный, М. Н. Василенко, Б. П. Денисов, Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2008. – № 9. – С. 22–24.
12. Седых Д. В. Учет работы приборов с помощью АРМ-УРП / Д. В. Седых // Автоматика, связь, информатика. – 2007. – № 3. – С. 7–8.
13. Василенко М. Н. Автоматизированная система экспертизы схемных решений железнодорожной автоматики и телемеханики / М. Н. Василенко, А. М. Горбачев, Д. В. Зуев, Е. В. Григорьев // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – № 5(36). – С. 64–67.
14. Тележенко Т. А. Автоматизированная система экспертизы схемных решений / Т. А. Тележенко // Автоматика, связь, информатика. – 2009. – № 5. – С. 24–26.

15. Гладкий А. В. Формальные грамматики и языки / А. В. Гладкий. – М. : Наука, 1973. – 368 с.

16. Люгер Дж. Ф. Искусственный интеллект : стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Ф. Люгер ; пер. с англ. К. Протасова. – М. : Вильямс, 2005. – 864 с.

## References

1. Vasilenko M. N., Zuev D. V. Kiberbezopasnost' tekhnicheskoy dokumentatsii ZhAT [Cybersecurity of technical documentation for railway automatics and telemechanics]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2015, no. 7, pp. 21–23. (In Russian)

2. Vasilenko M. N., Zuev D. V. Kiberbezopasnost' tekhnicheskoy dokumentatsii zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Cybersecurity of technical documentation for railway automatics and telemechanics]. *Transport Rossijskoj Federatsii* [Transport of the Russian Federation], 2015, no. 2 (57), pp. 55–58. (In Russian)

3. Vasilenko M. N., Denisov B. P., Bulavskij P. E., Sedykh D. V. Printsipy organizatsii jelektronnoho dokumentooborota tekhnicheskoy dokumentatsii [Technical documentation: electronic workflow management]. *Transport Rossijskoj Federatsii* [Russian Federation Transport], 2006, no. 7, pp. 31–35. (In Russian)

4. Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Zuev D. V., Sedykh D. V. Razvitie jelektronnoho dokumentooborota v khozyajstve AT [Developing electronic document workflow in AT units]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2015, no. 1, pp. 14–16. (In Russian)

5. Sedykh D. V., Sukhanov S. A. Primenenie otraslevogo formata tekhnicheskoy dokumentatsii na ustrojstva zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki dlya integratsii prilozhenij [Applying industry-specific formats of technical documentation for railway automatics and telemechanics equipment for integration of applications]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya* [The St. Petersburg Transport University Bulletin]. Saint Petersburg, PGUPS Publ., 2005, no. 3, pp. 74–79. (In Russian)

6. Vasilenko M. N., Bulavskij P. E., Denisov B. P., Imanuilov D. A. Soglasovanie i utverzhdenie tekhnicheskoy dokumentatsii s ispol'zovaniem jelektronnoj tsifrovoj podpisi [Coordinating and approving technical documentation using an electronic digital signature]. *Nauka i tekhnika transporta* [Science and engineering of transport], 2010, no. 1, pp. 18–23. (In Russian)

7. Vasilenko M. N., Gorbachev A. M., Mustafaev R. T. Sverka tekhnicheskoy dokumentatsii ZhAT. [Verification of technical documentation for railway automatics and telemechanics]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2013, no. 4, pp. 11–13. (In Russian)

8. Baluev N. N., Vasilenko M. N., Trokhov V. G., Sedykh D. V. Problemy vnedreniya otraslevogo formata [Industry format implementation issues]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2010, no. 3, pp. 2. (In Russian)

9. Matushev A. A., Sedykh D. V. Raspoznavanie struktury montazhnykh skhem ZhAT [Identification of wiring diagrams for railway automatics and telemechanics]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2015, no. 10, pp. 4–7. (In Russian)

10. Gorbachev A. M. Avtomatizatsiya analiza, jekspertizy i sverki tekhnicheskoy dokumentatsii sistemy zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Automation of analysis, expert assessment and verification of technical documentation for railway automatics and telemechanics systems]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya* [The St. Petersburg Transport University Bulletin]. Saint Petersburg, PGUPS Publ., 2012. 4, pp. 73–78. (In Russian)

11. Bezrodnyj B. F., Vasilenko M. N., Denisov B. P., Sedykh D. V. Avtomatizatsiya proverki proektov na osnove ARM-TES [Automation of project checking based on automated workplace testing]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2008, no. 9, pp. 22–24. (In Russian)

12. Sedykh D. V. Uchet raboty priborov s pomoshch'yu ARM-URP [Logging of device operation based on the automated workplace for equipment operation control]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2007, no. 3, pp. 7–8. (In Russian)

13. Vasilenko M. N., Gorbachev A. M., Zuev D. V., Grigoriev E. V. Avtomatizirovannaya sistema jekspertizy skhemnykh reshenij zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki [Automated system for expert analysis

of circuit design in railway automatics and telemechanics]. *Transport Rossijskoj Federatsii* [Transport of the Russian Federation], 2011, no. 5 (36), pp. 64–67. (In Russian)

14. Telezhenko T.A. Avtomatizirovannaya sistema jekspertizy skhemnykh reshenij [Automated expert analysis system for circuit design]. *Avtomatika, svyaz', informatika* [Automatics, communication, informatics], 2009, no. 5, pp. 24–26. (In Russian)

15. Gladkij A.V. *Formal'nye grammatiki i yazyki* [Formal grammar and languages]. Moscow, Nauka Publ., 1973, 368 p. (In Russian)

16. Luger George.F. *Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody resheniya slozhnykh problem* [Artificial Intelligence. Structures and Strategies for Complex Problem Solving]. 4th edition/translated from English. Moscow, Williams Publ., 2005, 864 p. (In Russian)

ГОРДОН Михаил Аркадьевич – инженер, gordon\_ma@mail.ru; ВАСИЛЕНКО Михаил Николаевич – доктор техн. наук, профессор, vasilenko.m.n@gmail.com; \*СЕДЫХ Дмитрий Владимирович – инженер, sedyhdmitriy@gmail.com; ЗУЕВ Денис Владимирович – канд. техн. наук, доцент, zuev dv@gmail.com (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I).