

УДК 004.05

DOI: 10.25045/jpit.v10.i2.11

*Гвоздев В.Е.<sup>1</sup>, Юсупова Н.И.<sup>2</sup>, Черняховская Л.Р.<sup>3</sup>, Мамедов Д.Ф.<sup>4</sup>*<sup>1,2,3</sup>Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, Россия<sup>4</sup>Сумгайытский государственный университет, Сумгайыт, Азербайджан<sup>1, 2, 3</sup>[wega55@mail.ru](mailto:wega55@mail.ru), <sup>4</sup>[cavan62@mail.ru](mailto:cavan62@mail.ru)

## АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Поступила: 14.12.2018

Исправлена: 13.02.2019

Принята: 04.03.2019

Проведен сравнительный анализ современного состояния исследований области управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов (АПК). Из критического анализа литературных источников было установлено, что: инструментальные средства разработки программных средств общего назначения ограниченно применимы при разработке систем обработки данных и управления реальным временем; существующие инструменты поддержки параллельных процессов (семафоры, приоритеты и др.) не предоставляют необходимых возможностей для надежного и предсказуемого поведения распределенных технических систем со встроенными программными средствами; объекты, успешно прошедшие верификацию, не гарантируют стабильного и предсказуемого поведения в условиях нестабильности и неопределенности внешней среды, что предусматривает обсуждение особого типа дефектов, обусловленных нарушением ограничений на допустимое время обработки данных.

**Ключевые слова:** *безопасность, аппаратно-программный комплекс, обработка данных, верификация.*

### Введение

Одним из базовых условий перехода к цифровой экономике в рамках концепции Индустрия 4.0 является радикальное повышение требований к качеству функционирования распределенных сложных технических систем. Это, в свою очередь, обуславливает качественное повышение требований к функциональной безопасности аппаратно-программной среды, являющейся системообразующей составляющей распределенных сложных технических систем. Аппаратно-программная среда формируется в результате интеграции автоматических и автоматизированных аппаратно-программных комплексов, решающих широкий спектр задач управления распределенными техническими объектами. Одной из центральных задач управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов является задача управления непреднамеренными (некриминальными) дефектами, возникающими на разных уровнях и стадиях жизненного цикла компонентов АПК. Отмеченные обстоятельства обуславливают актуальность развития методологических, теоретических и модельных основ дефектологии АПК, ориентированных не только на эффективное выявление и устранение дефектов, но и на предупреждение их возникновения и распространения на разных стадиях жизненного цикла систем, включая предпроектную.

### Анализ современного состояния исследований области управления функциональной безопасностью АПК

Качественное возрастание роли систем обработки данных в управлении современными распределенными техническими системами выдвигает на первый план проблему управления функциональной безопасностью АПК. В работах [1–3] и многих других подчеркивается необходимость смещения акцентов в проблематике создания АПК от вопросов штатной

эксплуатации к вопросам их безопасного функционирования. В работах [4, 5] и других отмечается необходимость совершенствования технологий разработки, позволяющих обеспечить защиту систем обработки данных и управления как от злонамеренных действий, так и от непреднамеренных ошибок, допускаемых разработчиками на разных стадиях жизненного цикла АПК. В работах [2, 3, 6] отмечается необходимость развития методологических и теоретических основ дефектологии АПК как одного из направлений исследований в области системной инженерии. В [2] выделяются классы задач, связанные с обеспечением технологической и эксплуатационной безопасности. В [3, 7] выделяются задачи, связанные с обеспечением конфиденциальности, целостности и доступности информации в случае, когда пользователи принимают активное участие в управлении сложными системами. Задачи, связанные с обеспечением функциональной безопасности АПК при решении задач управления в реальном времени, обсуждаются в [8–13].

Под функциональной безопасностью АПК понимается свойство сохранять работоспособность в соответствии со своим целевым назначением при случайных дестабилизирующих воздействиях и отсутствии злоумышленного влияния на программную, аппаратную составляющую и базы данных [3]. Проведенный анализ литературы позволяет сделать заключение о концептуальных различиях в подходах к управлению дефектами, вносимыми в АПК преднамеренно, и дефектами, обусловленными ошибками разработчиков АПК на разных стадиях их жизненного цикла. Следует подчеркнуть, что масштабы негативных последствий от непреднамеренных дефектов могут многократно превосходить последствия злонамеренных действий [14–18]. Из анализа литературных источников [19–32] можно сделать заключение о различиях в подходах к управлению непреднамеренно допускаемыми дефектами на разных стадиях жизненного цикла, включая предпроектную стадию, в силу различия факторов, обуславливающих возникновение дефектов. На начальных стадиях жизненного цикла преобладают дефекты, обусловленные неопределенностью среды использования и нечеткостью целей управления. По мере перемещения от начальных стадий жизненного цикла к финальным стадиям акценты перемещаются в область неверного использования руководств по разработке технологий использования инструментальных средств, нарушения областей применимости моделей. Используемые методы управления дефектами можно соотнести с проактивным, активным и реактивным подходами к управлению сложными системами. Вместе с тем преобладают подходы, соотносимые с активным и реактивным подходами, т.е. методы, ориентированные на выявление ошибок по результатам специально организованных испытаний и изучения исторических данных об опыте эксплуатации АПК с целью установления закономерностей в проявлениях симптомов дефектов, а также причин возникновения дефектов [29–32]. Эта группа методов, объединяемых понятием Root Cause Analysis, является адаптацией положений методологии I-TRIZ [32] в область управления функциональной безопасностью АПК, а именно методов, относящихся к классу Anticipatory Failure Determination – AFD-2. К другому направлению, активно развиваемому в настоящее время в рамках активного подхода к управлению функциональной безопасностью АПК, относятся методы, которые можно объединить понятием Error Propagation Analysis [33–36]. Суть этих методов состоит в раннем обнаружении проявлений дефектов и сбоев и парировании этих явлений.

К методам, основу которых составляет проактивный подход к управлению сложными системами, по нашему мнению, следует отнести, во-первых, методы, ориентированные на сравнительный анализ альтернатив проектных решений по критериям функциональной безопасности (Failure Mode and Effect Analysis – FMEA; Fault Tree Analysis – FTA) [37–39]. Следует также выделить группу методов, ориентированных на предотвращение дефектов, обусловленных ошибками субъективной природы [24–26].

В работах [17, 18] подчеркивается, что к числу критических факторов, негативно влияющих на успех реализации проектов создания АПК, относится недостаточное качество функциональных и нефункциональных требований к потребительским свойствам систем. Это в том числе обусловлено сложностью формирования консолидированного мнения различных целевых групп пользователей в условиях неопределенности среды использования и размытости целей функционирования сложных систем [40–43]. В работах [40, 41] обосновывается необходимость развития подходов к выработке консолидированных решений на основе методов конвергентного управления и развития сетевых технологий согласования решений различных заинтересованных сторон. Вместе с тем в упоминаемых работах упор делается на «полезные функции» управляемых систем. Вне рамок исследований остаются «вредные функции», в том числе обуславливаемые различного рода ошибками и дефектами.

Результаты критического анализа возможностей использования подходов к проектированию технических систем со встроенными АПК реального времени представлены в [4, 10, 13]. Отмечается, что инструментальные средства разработки программных средств общего назначения ограниченно применимы при разработке систем обработки данных и управления реального времени. В [13] отмечается, что существующие инструменты поддержки параллельных процессов (семафоры, приоритеты и др.) не предоставляют необходимых возможностей для надежного и предсказуемого поведения распределенных технических систем со встроенными программными средствами. Отмечается, что объекты, успешно прошедшие верификацию, не гарантируют стабильного и предсказуемого поведения в условиях нестабильности и неопределенности внешней среды. Обсуждается особый тип дефектов, обусловленный нарушением ограничений на допустимое время обработки данных (этот тип дефектов упоминается также в [3]). В работах [4, 10, 13] обосновывается заключение о необходимости разработки новых подходов к проектированию распределенных АПК с учетом особенностей задач управления в реальном времени. Экстраполируя это заключение, можно утверждать, что необходимо выделять новые типы дефектов, характерные для распределенных сложных технических систем со встроенным программным обеспечением реального времени, и изучать методологические, теоретические и прикладные аспекты управления такими дефектами.

Проведенный анализ литературных источников позволяет сделать заключение о доминировании исследований, во-первых, направленных на управление дефектами, возникающими при использовании формализованных и формальных процедур проектирования АПК общего назначения и имеющих ограниченное применение при проектировании распределенных систем обработки данных, и управление реального времени. Во-вторых, на разработку методов, моделей и инструментальных средств, предназначенных для выявления дефектов в продуктах, как готовых, так и промежуточных, как в результате специально организованных испытаний, так и по результатам эксплуатации. Эти исследования, по сути, основаны на реализации активного и реактивного подходов к управлению состоянием сложных систем. В то же время значительно меньшее число исследований ориентировано на управление дефектами, обусловленными субъективными ошибками правообладателей и разработчиков, допускаемых на разных стадиях жизненного цикла АПК. Иными словами, в дефектологии АПК не получили достаточного развития методологические, теоретические основы, методы, модели и инструментальные средства, реализующие положения проактивного подхода к управлению состоянием сложных систем.

Не удалось выявить работы, рассматривающие с единых позиций реализацию проактивного, активного и реактивного подходов применительно к проблеме управления дефектами как фактора функциональной безопасности АПК.

## Предлагаемые подходы и методы и их обоснование для реализации цели и задачи проекта

Основу перспективных подходов к управлению функциональной безопасностью АПК в составе распределенных технических систем составляет рассмотрение дефектов как разновидности сложных систем. Следует рассматривать управление дефектами, обусловленными, во-первых, ошибками применения руководств, стандартов, инструментальных средств при поэтапном преобразовании технических заданий на разработку локальных АПК, в физически реализованные аппаратные и программные компоненты. Во-вторых, ошибки, обусловленные недостаточно развитой методической, модельной и инструментальной базами высокоуровневого копроектирования встроенных аппаратных и программных компонентов, осуществляющих измерение и обработку данных в режиме реального времени. В-третьих, в качестве самостоятельных объектов управления следует выделить дефекты, обусловленные размытостью, противоречивостью, несбалансированностью требований к показателям целевой эффективности функционирования технических систем, являющихся причиной недостаточного качества спецификаций внешнего облика АПК. В-четвертых, в качестве управления следует выделить дефекты, возникающие при выработке правообладателями консолидированных решений относительно показателей функциональной безопасности АПК. Эти дефекты обусловлены различием в восприятии разными целевыми группами пользователей полезных и вредных функций АПК, их различным отношением к последствиям проявления разных дефектов.

Методологической основой реализации сквозного подхода к управлению дефектами некриминального характера на всех стадиях жизненного цикла АПК может стать системное сочетание положений теории интересубъективного управления [42], теории конвергентного управления [40], теории координации [44]. В рамках положений теории интересубъективного управления и теории конвергентного управления формируется консолидированное мнение неоднородных акторов относительно необходимости и возможности устранения различных дефектов во внешнем облике АПК (т.е. формируются глобальные цели управления дефектами). Положения теории координации создают основу для целенаправленной деятельности, направленной на достижение глобальных целей. При этом решаются следующие классы взаимосвязанных задач:

- Преобразование глобальной цели к виду системы задач управления.
- Закрепление выделенных задач за неоднородными акторами-исполнителями.
- Распределение ресурсов проекта между задачами.
- Формирование коммуникационной платформы между акторами-исполнителями, что служит основой формирования единого информационного пространства субъектов и объектов управления функциональной безопасностью.
- Формирование и реализация подходов к комбинированию знаний и конфликтующих интересов и предпочтений неоднородных акторов с тем, чтобы обеспечить достижение глобальной цели управления.

Фрагментарная реализация изложенных положений представлена в работах [45–49].

## Заключение

Системообразующая роль обработки данных и управления в современных сложных технических системах делает необходимым приоритетное развитие методологических, теоретических и модельных основ управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов в составе сложных технических систем.

Качественное изменение масштабов и сложности замысловатых технических систем, обусловленное реализацией положений концепции Индустрия 4.0, обуславливает ограниченную применимость известных подходов и методов управления функциональной безопасностью в новых условиях. Это делает необходимым, с одной стороны,

совершенствование и развитие известных методов и подходов, с другой – генерацию и исследование принципиально иных подходов, ориентированных на управление функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов, рассматриваемых как часть единой информационной среды создания, эксплуатации, утилизации сложных технических систем.

### Благодарность

Работа поддержана грантом РФФИ 19-08-00177 «Методологические, теоретические и модельные основы управления функциональной безопасностью аппаратно-программных комплексов в составе распределенных сложных технических систем».

### Литература

1. Günther Schuh, Reiner Anderl, Jürgen Gausemeier, Michael ten Hompel, Wolfgang Wahlster (Eds.) *Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies* // acatech STUDY, 2015.
2. Нагибин С.Я., Пальчун Б.П., Ухлинов Л.М. Технологическая безопасность программирования – новая проблема в области создания информационных систем // Информационное общество, 1995, вып.6, с. 45–49.
3. Липаев В.В. Функциональная безопасность программных средств. М.: СИНТЕГ, 2004, 348 с.
4. Быковский С.В., Горбачев Я.Г., Ключев А.О., Пенский А.В., Платунов А.Е. Сопряженное проектирование встраиваемых систем (Hardware/Software Co-Design), СПб.: Университет ИТМО, 2016, 105 с.
5. A Driving Assistance System with Hardware Acceleration. University of Gothenburg, Sweden, 2015, 62 p.
6. Бородакий Ю.В., Юсупов Р.М., Пальчун Б.П. Проблема имитационного моделирования дефектоскопических свойств компьютерной инфосферы / Труды третьей Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», Санкт-Петербург, 2007, с.87–92.
7. Рот А. Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики. М.: Техносфера, 2017, 294 с.
8. Мостовой А.Я. Имитационная математическая модель внешней среды в жизненном цикле бортового программного обеспечения управления космической платформой // Компьютерная оптика, 2012, т.36, №3, с.412–418.
9. Мостовой А.Я. Управление сложными техническими системами: конструирование программного обеспечения спутников ДЗЗ. М.: Техносфера, 2016, 352 с.
10. Платунов А.Е., Постников Н.П. Высокоуровневое проектирование встраиваемых систем, СПб.: НИУ ИТМО, 2011, 121 с.
11. Кириллов Н.П. Концептуальная модель объекта ситуационного управления функциональным состоянием технических систем // Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, №4, с.61–75.
12. Муравьева-Витковская Л.А. Моделирование интеллектуальных систем, СПб.: НИУ ИТМО, 2012, 145 с.
13. Edward A. Lee. *Cyber Physical Systems: Design Challenges*. Technical Report No. UCB/EECS-2008-8. [www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.html](http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.html)
14. ARIANE5. Flight 501 Failure. Report by the Inquiry Board. Paris, Paris, 19 July 1996.
15. Аджиев В. Мифы о безопасности ПО: уроки знаменитых катастроф // Открытые системы, СУБД, 1998, №6.
16. James Gleick. A Bug and a Crash. Sometimes a Bug is More Than a Nuisance // New York Times Magazine, 1 December 1996.

17. Тимофеев А.Н. Почему падают ИТ-проекты? // Практика проектирования систем. Научно-образовательный журнал, 2017, с.2–12.
18. Standish Group 2015 Chaos Report – Q&A with Jennifer Lynch. [www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015](http://www.infoq.com/articles/standish-chaos-2015).
19. Флейтман Д.В. Решение задачи обеспечения живучести корпоративных информационных систем при частичном разрушении каналов связи // Реєстрація, зберігання і обробка даних, 2005, т.7, №1, с.52–61.
20. Додонов А.Г., Флейтман Д.В. Корпоративные информационные системы: обеспечение живучести // Математичні машини і системи, 2005, №4, с.118–130.
21. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем, К.: Наук.думка, 2011, 256 с.
22. Пальчун Б.П. Дефектология интеллектуальных компьютерных программ // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. Секция концептуальные вопросы построения интеллектуальных и адаптивных систем информационной безопасности, №4 (48), 2005, с.69–74.
23. Corry J. Kasper, Michael W. Godfrey. Cloning considered harmful considered harmful: patterns of cloning in software // Empirical Software Engineering DOI: 10.1007/s10664-008-9076-6.
24. Paul Grünbacher, Anna Perini (Eds.) Requirements Engineering: Foundation for Software Quality / Proceedings of 23rd International Working Conference, REFSQ 2017, Essen, Germany, February 27 – March 2, 2017.
25. Wenhua Hu, Jeffrey C. Carver, Vaibhav K. Anu, Gursimran S. Walia, Gary L. Bradshaw. Detection of Requirement Errors and Faults via a Human Error Taxonomy: A Feasibility Study // National Science Foundation Awards 1421006 and 1423279.
26. Bill Davey, Kevin R. Parker. Requirements Elicitation Problems: A Literature Analysis // Issues in Informing Science and Information Technology, 2015, vol.12, 82 pp.
27. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс, Минск: Четыре четверти, 2017, 312 с.
28. Марков А.С. Модели оценки и планирования испытаний программных средств по требованиям безопасности информации // Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Сер. «Приборостроение», 2011. Специальный выпуск «Технические средства и системы защиты информации», с.90–103.
29. Ritu Soni, Ashpinder Preet. Cognitive Approach to Root Cause Analysis for Improving Quality of life: A case study for IT Industry // International journal of informative and futuristic research (Online). Vol. 1 Issue 1, August -September 2013, 8 p.
30. Tomomi Kataoka, Ken FURUTO, Tatsuji Matsumoto. The Analyzing Method of Root Causes for Software Problems // Sei technical review, october 2011, no.73, 5 p.
31. Roland J. Dumphily. Root Cause Investigation Best Practices Guide // Aerospace report, NO. TOR-2014-02202, 2014, may 30, 95 p.
32. Stan Kaplan, S. Visnepolschi, B. Zlotin, A. Zusman. New Tools for Failure and Risk Analysis / Anticipatory Failure Determination(TM) (AFD(TM) and the Theory of scenario Structuring. Ideation Intl Inc, October 8, 1999, 86 p.
33. Nassar D., AbdelMoez W., Shereshevsky M., Ammar H. H., Ali Mili, Bo Yu, Bogazzi S. Error Propagation Analysis of Software Architecture Specifications / Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE'06), Vol.1, Kuala Lumpur, Malaysia, May 9–11, 2006, pp. 496–501.
34. Lee P.A., Anderson T. Fault tolerance, principles and practice. Springer Science & Business Media, 2012, vol.3, 320 p.

35. Verzola I., Lagny A.E., Biswas J. A Predictive Approach to Failure Estimation and Identification for Space Systems Operations / Proc. 13th international conference on space operations, Pasadena, California, USA, May 2014.
36. Cortellessa V., Grassi V. A Modeling Approach to Analyze the Impact of Error Propagation on Reliability of Component-Based Systems / Proceedings of the 10th International Symposium on Component-Based Software Engineering, CBSE 2007 (Berlin, Heidelberg), Springer-Verlag, pp.140–156.
37. Zhu Y.-M. Failure-Modes-Based Software Reading. Chapter 2: Software Failure Mode and Effects Analysis, 2017, XI, pp.7–15.
38. Naapanen P., Helminen A. Failure Mode and Effects Analysis of Software-Based Automation Systems // STUK-YTO-TR 190 / August 2002, 36 p.
39. Hatem A. Khater, A. Baith Mohamed, Sara M. Kamel. A Proposed Technique for Software Development Risks Identification by using FTA Model // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering, 2013, vol.7, no.1, pp.105–111.
40. Райков А.Н. Конвергентное управление и поддержка решений, М.:Издательство ИКАР, 2009, 243 с.
41. Райков А.Н. Сетевая экспертная поддержка решений // Управление большими системами, 2010, выпуск 30.1, с.758–773 (mathnet.ru).
42. Виттих В.А. Введение в теорию интересубъективного управления, Самара: Самарский научный центр РАН, 2013, 64 с.
43. Виттих В.А. Неоднородный актор и повседневность как ключевое понятие эвергетики: препринт, Самара: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления сложными системами Российской академии наук», 2014, 12 с.
44. Melone T.W. What is coordination Theory? Massachusetts Institute of Technology SSM WP#2051-88.
45. Гвоздев В.Е., Блинова Д.В. Анализ функциональных возможностей аппаратно-программных комплексов на ранних стадиях проектирования с учетом мнений правообладателей // Программная инженерия: Научный журнал, т.7, №9, 2016, с.395–399.
46. Гвоздев В.Е., Блинова Д.В., Давлиева А.С., Тесленко В.В. Построение базовых моделей внешней эффективности АПК на основе математико-статистического подхода // Программная инженерия: Научный журнал, 2016, т.7, №11, с.483–489.
47. Гвоздев В.Е., Абдрафиков М.А., Блинова Д.В. Кириллов К.В. Анализ влияния дефектов различных типов на оценку показателей качества программно-аппаратных комплексов на стадии сопровождения // Электротехнические и информационные комплексы и системы, Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2017, т.13, №2, с.33–40.
48. Гвоздев В.Е., Черняховская Л.Р., Блинова Д.В. Эвергетика как методологическая основа управления выявлением дефектов на предпроектной стадии жизненного цикла систем обработки данных // Онтология проектирования: Научный журнал, 2018, т.8, №1(27), с.152–166.
49. Гвоздев В.Е., Блинова Д.В., Давлиева А.С. Элементы концепции управления дефектами систем обработки данных и управления / Проблемы управления и моделирования в сложных системах: XIX Международная конференция, Самара: ИПУСС РАН, СИЦ РАН, 2017, с.387–392.

**UOT 004.05**

**Gvozdev Vladimir E.<sup>1</sup>, Yusupova Nafisa<sup>2</sup>, Çernyaxovskaya Liliya R.<sup>3</sup>, Məmmədov Cavanşir F.<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Ufa Dövlət Aviasiya Texniki Universiteti, Ufa, Rusiya Federasiyası

<sup>4</sup>Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan

<sup>1,2,3</sup>[wega55@mail.ru](mailto:wega55@mail.ru), <sup>4</sup>[cavan62@mail.ru](mailto:cavan62@mail.ru)

**Mürəkkəb texniki sistemlərin tərkibində aparat-proqram komplekslərinin funksional təhlükəsizliyinin idarə edilməsinə olan yanaşmaların analizi**

Aparat və proqram komplekslərinin funksional təhlükəsizliyinin idarə edilməsi sahəsində tədqiqatların mövcud vəziyyətinin müqayisəli təhlili aparılmışdır. Ədəbiyyat mənbələrinin analizi nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, verilənlərin emalı və real vaxtın idarə edilməsi sistemlərinin işlənməsi prosesində ümumi təyinatlı proqram vasitələrinin tətbiqi məhduddur, paralel proseslərin dəstəklənməsi üçün mövcud vasitələr (semaforlar, prioritetlər və s.) daxili proqram təminatları ilə paylanmış texniki sistemlərdə etibarlı və proqnozlaşdırıla bilən davranış üçün lazımi imkanları təmin etmir. Verifikasiyanı müvəffəqiyyətlə keçmiş obyektlər xarici mühitin qeyri-sabitlik və qeyri-müəyyənlik şəraitlərində stabil və gözlənilən davranışları təmin etmədiklərinə görə verilənlərin emaletməsinin buraxıla bilən vaxtının məhdudiyətlərinin pozulması xüsusi defektlərin müzakirə edilməsinə əsas verir.

***Açar sözlər:** təhlükəsizlik, aparat-proqram kompleksi, verilənlərin emalı, verifikasiya.*

**Vladimir E. Gvozdev<sup>1</sup>, Nafisa I. Yusupova<sup>2</sup>, Lilia R. Chernyakhovskaya<sup>3</sup>, Javanshir F. Mamedov<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation

<sup>4</sup>Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan

<sup>1,2,3</sup>[wega55@mail.ru](mailto:wega55@mail.ru), <sup>4</sup>[cavan62@mail.ru](mailto:cavan62@mail.ru)

**Analysis of approaches to the management of functional safety of hardware -software complexes in the complex technical systems**

A comparative analysis of the current state of research in the field of functional safety management of hardware - software systems has been carried out. From a critical analysis of references sources, it was found that general-purpose software tools are limited use in the development of real-time data processing and control systems; existing development tools for of supporting parallel processes (semaphores; priorities, etc.) do not provide the necessary capabilities for reliable and predictable behavior distributed technical systems with built-in software, objects that successfully passed the verification do not guarantee stable and predictable behavior under conditions of instability and uncertainty of external environment that includes discussion of a special type of defects due to violation of limitations on allowable data processing time.

***Keywords:** security, hardware-software complex, data processing, verification.*