

УДК 004.052.4:629.73

## ПРОБЛЕМЫ УЯЗВИМОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОШИБОК

**В.В. БЫКОВА, Г.Е. ГЛУХОВ, А.Н. ШАРЫПОВ, П.Е. ЧЕРНИКОВ,  
С.В. КОВАЛЬ, А.Ю. КОНЬКОВ**

*Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации,  
г. Москва, Российская Федерация*

**Аннотация.** Данная статья представляет собой первую часть серии из двух статей, посвященных анализу и классификации типичных ошибок информационных систем (ИС) авиационных предприятий. В статье подробно рассматриваются проблемы, связанные с уязвимостью информационных систем предприятий гражданской авиации и смежных отраслей. Акцентировано внимание на требования, предъявляемые к таким информационным системам: это требование к их надежности, а также к полноте, достоверности, актуальности и точности данных, которыми они оперируют. Рассмотрены методы по обеспечению надежности и достоверности информационных систем. В статье приведена классификация ошибок, возникающих на различных этапах жизненного цикла подобных информационных систем, на основе различных критериев: по степени их влияния на работу системы в целом, по объекту уязвимости и по источнику возникновения ошибки. Отмечается, что информационные системы авиационных предприятий являются примером эргатической системы, важную роль в функционировании которой играет человек или группа людей. В связи с этим вторая часть статьи будет посвящена ошибкам, обусловленным человеческим фактором и возникающим на разных этапах жизненного цикла таких информационных систем, а также методам их предотвращения и коррекции. Исследование проведено, в частности, на опыте проектирования, разработки, тестирования и эксплуатации пользовательского модуля «Поставщик АТИ» Информационно-аналитической системы мониторинга летной годности воздушных судов.

**Ключевые слова:** безопасность полетов, информационная система, программное обеспечение, сервисное обслуживание ВС, поставщик авиационно-технических изделий, единое информационное пространство, база данных.

## PROBLEMS OF THE VULNERABILITY OF INFORMATION SYSTEMS OF AVIATION INDUSTRY ENTERPRISES: ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF ERRORS

**V.V. BYKOVA, G.E. GLUKHOV, A.N. SHARYPOV, P.E. CHERNIKOV,  
S.V. KOVAL, A.Yu. KONKOV**

*The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Moscow, Russian Federation*

**Abstract.** This article is the first part of a series of two articles dedicated to the analysis and classification of typical errors of information systems of aviation enterprises. The article discusses in detail the problems associated with the vulnerability of information systems of civil aviation enterprises and related industries. Attention is focused on the requirements for such information systems: this is a requirement for their reliability, as well as for the completeness, reliability, relevance and accuracy of the data with which they operate. Methods for ensuring the reliability and validity of information systems are considered. The article provides a classification of errors that occur at different stages of the life cycle of such information systems, based on various criteria: according to the degree of their influence on the operation of the system as a whole, according to the object of vulnerability and the source of the error. It is noted that information systems of aviation enterprises are an example of an ergatic system, an important role in the functioning of which is played by a person or a group of people. In this regard, the second part of the article will be dedicated to errors caused by the human factor and arising at different stages of the life cycle of such

information systems, as well as methods for their prevention and correction. The study was conducted, in particular, on the experience of the design, development, testing and operation of the user module "Supplier" of the Information and analytical system for monitoring the airworthiness of aircraft.

**Keywords:** flight safety, information system, software, service aircraft maintenance, supplier of aviation-technical products, unified information space, data base.

## Введение

Одним из приоритетных направлений обеспечения эффективного и бесперебойного функционирования предприятий авиационной отрасли в современных условиях является повышение требований к информационным системам, обеспечивающим сопровождение производственных процессов. Перечислим основные из этих требований.

- Высокая надежность.
- Полнота, достоверность, актуальность и точность информации.
- Защита от несанкционированного доступа к данным.
- Защита от некорректных действий персонала.
- Удобный пользовательский интерфейс рабочих мест.
- Регистрация действий персонала.
- Возможность интеграции и обмена данными с информационными системами других предприятий.
- Быстродействие — скорость при вводе, поиске, обработке информации.
- Возможность развития системы.

Особую актуальность перечисленные требования к информационным системам имеют в сферах, связанных с учетом и контролем за движением авиационно-технических изделий (иными словами, их жизненным циклом), поскольку используемые в этих сферах данные о техническом и ресурсном состоянии могут оказывать существенное влияние на безопасность полетов [1-3].

Основными показателями качества информационных систем являются их надежность, достоверность и безопасность. В данной статье будут рассмотрены аспекты надежности и достоверности информационных систем с точки зрения классификации ошибок, приводящих к их нарушению.

Информационная система предприятия авиационной отрасли является примером *эргатической* системы, то есть схемы производства, одним из элементов которой является человек или группа людей. Эргатические системы нашли широкое применение на авиационных объектах, поскольку вмешательство оператора в работу объекта зачастую является необходимым условием обеспечения надежной работы данных объектов.

Все методы обеспечения надежности и достоверности информационных систем можно отнести к двум классам. Один включает в себя методы, обеспечивающие безошибочность (безотказность) функциональных технических, эргатических и программных звеньев информационной системы, то есть, в конечном счете, повышающие их надежность. Другой - методы, обеспечивающие обнаружение и исправление ошибок, возникающих в информации, то есть методы контроля достоверности информации и ее коррекции. Сочетание этих методов позволяет в целом повысить функциональную надежность информационных систем.

В настоящее время на предприятиях авиационной отрасли функционирует множество информационных систем от различных разработчиков. Эти системы различаются назначением, реализованными функциями, составом данных, средой разработки, методами обеспечения информационной безопасности и многими другими параметрами [4-6]. Однако, независимо от этого, необходимо уделять особое внимание сопровождению программного

обеспечения таких информационных систем, особенно в части сбора и консолидации данных об ошибках, возникающих в процессе работы, для дальнейшего анализа.

Среди всего многообразия информационных систем, функционирующих на данный момент в авиационной отрасли, особое место занимает разработанная в Государственном научно-исследовательском институте гражданской авиации Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов (ИАС МЛГ ВС). Данная система состоит из пользовательских модулей (ПМ), обеспечивающих информационное сопровождение эксплуатантов авиационной техники (АТ), разработчиков и изготовителей АТ и компонентов, организаций по техническому обслуживанию и ремонту АТ, поставщиков авиационно-технического имущества (АТИ) и уполномоченных органов в области гражданской авиации [7-9].

Приведенный ниже анализ ошибок и их классификация основан, в том числе на опыте проектирования, разработки, тестирования, эксплуатации и сопровождения пользовательского модуля «Поставщик АТИ» ИАС МЛГ ВС [10].

### Классификация ошибок

В общем случае под ошибкой подразумевается дефект, погрешность или неумышленное искажение объекта или процесса. При этом предполагается, что известно правильное, эталонное состояние объекта, по отношению к которому может быть определено наличие отклонения — ошибки.

Анализ информационных потоков предприятий, специализирующихся на разработке, изготовлении, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту, а также сервисному обслуживанию авиационной техники указывает на существование ряда проблем, обусловленных различными факторами. Рассмотрим некоторые из этих проблем [11].

Существует несколько критериев, в соответствии с которыми можно разделить возникающие ошибки (рис. 1), а также проанализировать их причины, степень влияния на функционирование информационной системы, возможные последствия, а также методы предотвращения и устранения [12-13].

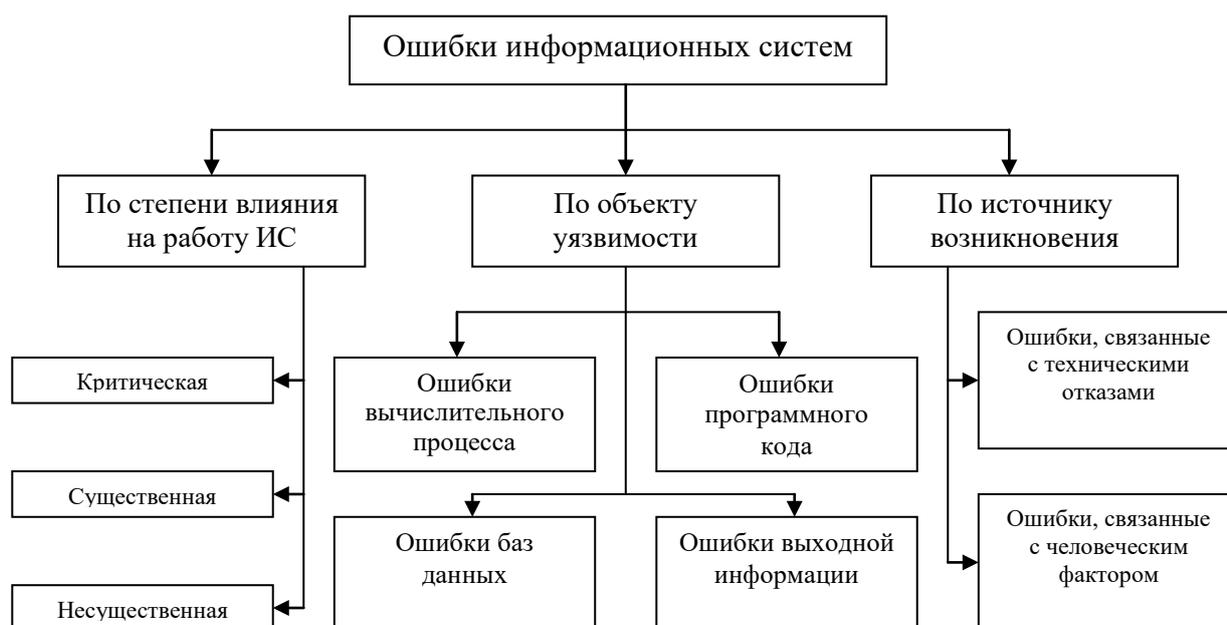


Рис. 1. Критерии классификации ошибок ИС

1. **По степени влияния ошибок на работу информационной системы** их можно разделить на [14]:

1.1. **Критические.** Ошибки, приводящие к аварийной ситуации, делающей не возможной работу системы в целом или ее функциональной части.

Характерными примерами такого вида ошибок являются:

- «зависание», или заикливание программы с необходимостью внешнего вмешательства для восстановления работы ИС;
- существенное повреждение базы данных на сервере, требующее восстановления резервной копии.

1.2. **Существенные.** Ошибки, приводящие к принятию неверных решений.

Примерами таких ошибок могут быть:

- ошибка программирования, при которой выдаваемый результат отличен от ожидаемого;
- некритическое повреждение фрагмента базы данных.

«Коварство» такого рода ошибок заключается в том, что их бывает трудно выявить.

1.3. **Несущественные.** Ошибки, снижающие эффективность решения поставленной задачи и производительность информационной системы.

Примерами таких ошибок могут служить:

- ненормализованная база данных, что приводит к избыточности при хранении данных;
- ошибки при индексации таблиц, приводящие к увеличению времени выполнения запросов и, как следствие, к снижению быстродействия;
- ошибки алгоритмизации, приводящие к избыточности программного кода;
- некритичные ошибки пользовательского интерфейса.

2. **По объекту уязвимости** выделяются 4 вида ошибок:

2.1. **Ошибки вычислительного процесса.**

Данный класс ошибок играет существенную роль в том случае, когда в информационной системе присутствуют сложные математические вычисления, требующие достаточно высокой точности. В этом случае вычислительный процесс или метод должен соответствовать критерию устойчивости, который заключается в том, что малые погрешности исходных данных вызывают малые погрешности вычисляемого результата (т.е. рост погрешности в процессе вычисления ограничен).

2.2. **Ошибки баз данных.**

Могут быть связаны с дефектами оборудования, отключением питания и сбоями сервера, повреждением индексов и таблиц.

2.3. **Ошибки программного кода.**

Подобного рода ошибки вызывают неожиданное «поведение» программы и, как следствие, неверный результат.

2.4. **Ошибки выходной информации.**

Представляют собой неправильно сформированные в результате работы информационной системы выходные отчеты, документы, решения и управляющие воздействия; как правило, являются следствием наличия ошибок в первых трех перечисленных объектах уязвимости.

3. **По источнику возникновения ошибок** выделяются:

3.1. **Ошибки, связанные с техническими отказами.**

В свою очередь, технические отказы по каждому из критериев также могут быть условно разделены:

- по возможности использования элемента после отказа – на полные и частичные;
- по связи с отказами других элементов – на зависимые и независимые;
- по регулярности появления – на устойчивые, перемежающиеся и однократные и однократные (сбои);
- по постепенности проявления – на внезапные и постепенные;
- по возможности обнаружения – на очевидные и скрытые;
- по критичности – на катастрофические, критические и некритические;
- по причине возникновения – на конструкционные, производственные и эксплуатационные.

На рис. 2 изображена схема классификации технических отказов.

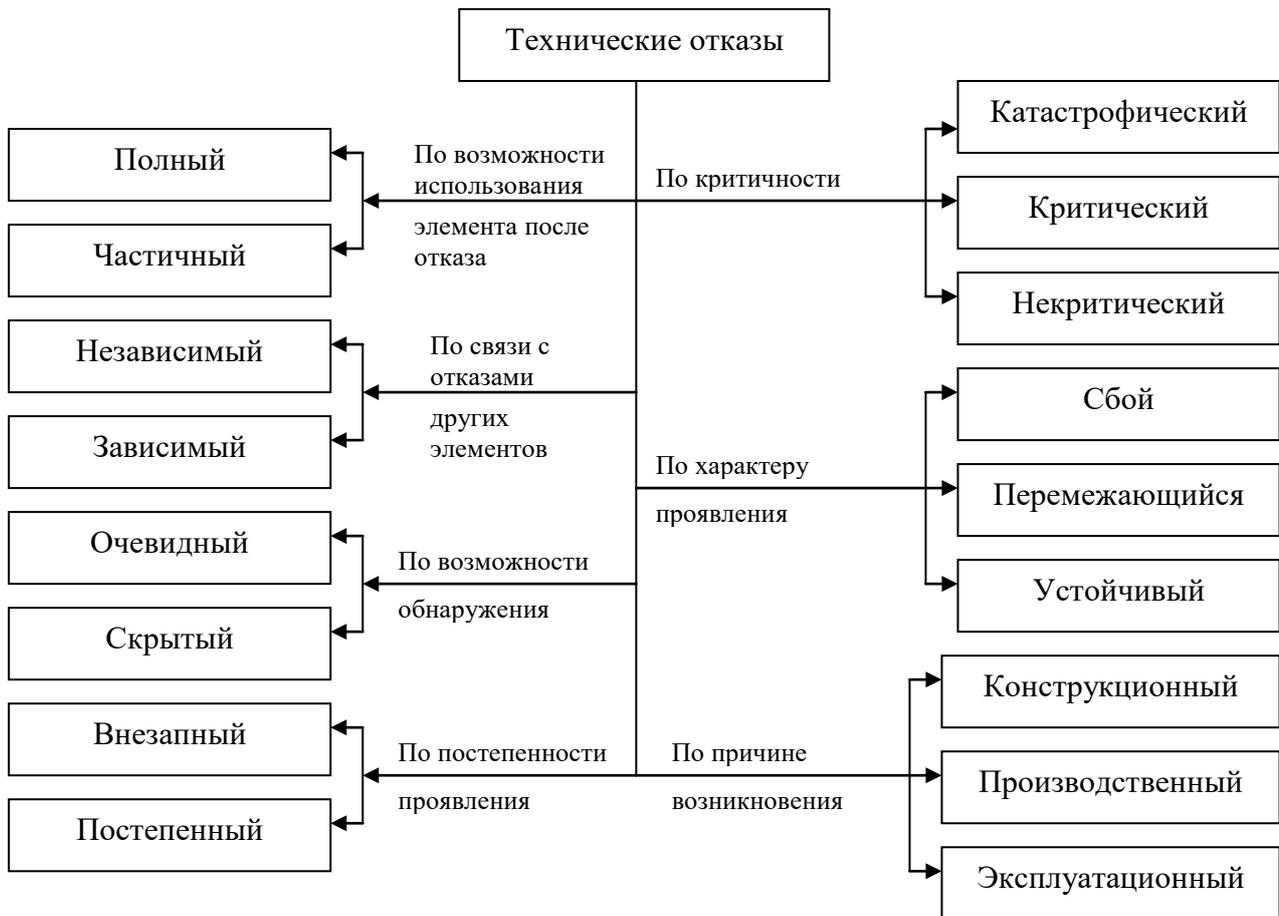


Рис. 2. Классификация ошибок информационных систем, связанных с техническими отказами

### 3.2. Ошибки, связанные с человеческим фактором.

На рис. 3 схематично изображена классификация этого вида ошибок. Подробному анализу ошибок, связанных с человеческим фактором, будет посвящена отдельная статья.

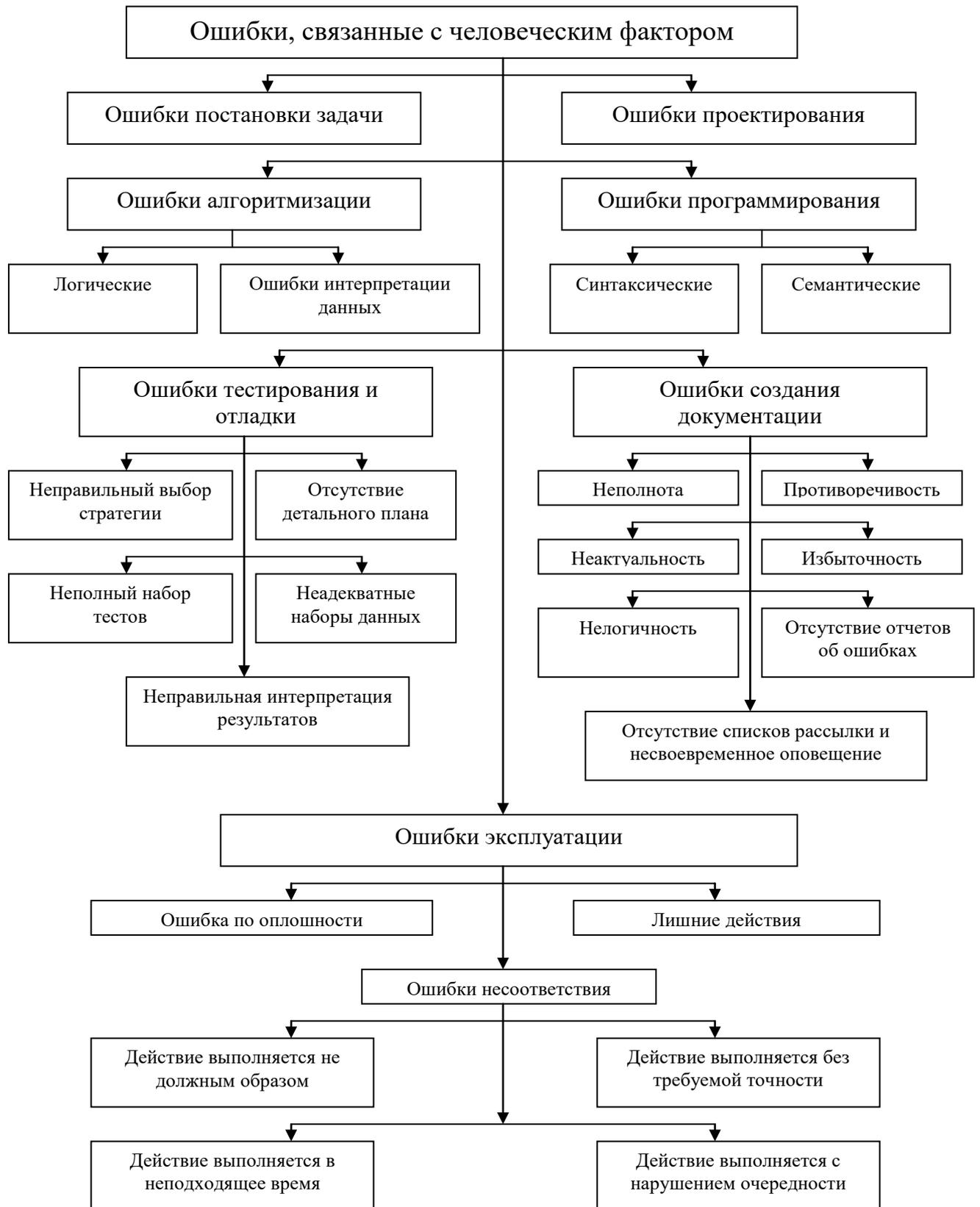


Рис. 3. Классификация ошибок информационных систем, связанных с человеческим фактором

## Выводы

В статье рассмотрены требования, предъявляемые к информационным системам предприятий гражданской авиации и смежных отраслей, а также методы обеспечения их надежности и достоверности. Указаны особенности ИС предприятий авиационной отрасли, в частности занимающихся учетом и контролем за движением АТИ, и важность соблюдения указанных требований для обеспечения безопасности полетов [15-16]. Также сделан акцент на необходимость при сопровождении ИС систем сбора и консолидации данных об ошибках для их анализа и принятия мер по устранению.

Приводится подробный анализ уязвимостей, типичных для ИС авиационных предприятий, а в качестве примера рассматривается Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности ВС, разработанная в ГосНИИ ГА, в частности ПМ «Поставщик АТИ».

Классификация ошибок ИС основана на трех основных критериях: степени влияния на работу ИС, объекте уязвимости и источнике возникновения ошибки. По выделенным классам ошибок даны общие характеристики и приведены примеры.

Проведенный анализ уязвимостей ИС авиационной отрасли будет продолжен в следующей статье, в которой будут подробно разбираться ошибки, связанные с человеческим фактором. Данная работа ориентирована на то, чтобы разобраться в причинах ошибок и разработать стратегию по их предотвращению, а также обнаружению и коррекции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брусникин В.Ю., Коваль С.В., Николаев А.Л. Нормативное регулирование в области противодействия незаконному обороту авиационной техники и ее комплектующих изделий // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2017. № 16. С. 27-36.

2. Шапкин В.С., Брусникин В.Ю., Глухов Г.Е., Черников П.Е., Гаранин С.А., Камзолов С.К. Современные подходы к проблемам защиты изделий авиационной техники от фальсификации и противодействия незаконному обороту продукции авиационной промышленности // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2018. № 22. С. 59-68

3. Glukhov G.E. Analysis of safety indices of flights and aviation security in relation to the task on construction of two-level system of continuous information monitoring of aviation activity safety. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), volume 10, issue 04, (April 2019), pp. 2654-2662

4. Брусникин В.Ю., Глухов Г.Е., Гаранин С.А. Оптимизация процесса обмена информацией между авиапредприятиями в рамках единого информационного пространства // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2017. № 17. С. 27-33.

5. Благоразумов А.К., Глухов Г.Е., Кирпичев И.Г. О некоторых аспектах и тенденциях внедрения информационных систем мониторинга безопасности авиационной деятельности // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2015. № 10. С. 57-65.

6. Петрухин С.А., Брусникин В.Ю., Шарыпов А.Н., Губанов О.В., Коваль С.В., Карапетян А.Г. Возможные подходы к идентификации авиационной информации, опубликованной в сети интернет // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2019. № 25. С. 65-74.

7. Шарыпов А.Н., Брусникин В.Ю., Коваль С.В., Глухов Г.Е., Губанов О.В. Мониторинг жизненного цикла компонентов воздушных судов, как инструмент выявления неаутентичных изделий авиационной техники. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 2018 July, volume 9, issue 7, pp. 612-620.

8. Брусникин В.Ю., Коньков А.Ю., Шарыпов А.Н. О некоторых результатах работ по оценке аутентичности компонентов ВС при мониторинге летной годности // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2010. № 311. С. 132-138.

9. Брусникин В.Ю., Глухов Г.Е., Черников П.Е. Жизненный цикл авиационной техники на этапе эксплуатации в информационно-аналитической системе мониторинга летной годности воздушных судов // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2016. № 15. С. 33-39.

10. Брусникин В.Ю., Глухов Г.Е., Быкова В.В., Черников П.Е., Коваль С.В., Коньков А.Ю. Пользовательский модуль «Поставщик АТИ» ИАС МЛГ ВС: актуальность разработки и основные функции // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2018. № 23. С. 41-51.

11. Благоразумов А.К., Глухов Г.Е., Кирпичев И.Г. Разработка системы информационного мониторинга безопасности авиационной деятельности // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 218. С. 67-70.

12. Глухов Г.Е., Гаранин С.А., Брусникин В.Ю., Черников П.Е., Губанов О.В., Карапетян А.Г. О методах и моделях разработки и внедрения современных технических решений в задачах защиты авиационной техники от фальсификации // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2019. № 26. С. 52-61.

13. ГОСТ Р 56546-2015. Защита информации. Уязвимости информационных систем. Классификация уязвимостей информационных систем. М.: Стандартинформ, 2015. 8 с.

14. ГОСТ Р 51901.12-2007. Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. М.: Стандартинформ, 2008. 35 с.

15. Глухов Г.Е., Кирпичев И.Г. Информационно-аналитическая система мониторинга летной годности воздушных судов в задачах построения современной системы управления безопасностью полетов: Тезисы докладов симпозиума с международным участием «Самолетостроение России. Проблемы и перспективы». 2012. С. 138-140.

16. Gubanov O., Brusnikin V., Bykova V., Garanin S., Koval S. and Maslennikova G. The central civil aviation safety regulatory and guidance library of the Russian Federation. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJMET), 2019 January, volume 10, issue 1, pp. 988-997.

## REFERENCES

1. Brusnikin V.Yu., Koval S.V., Nikolaev A.L., Regulation of the combating illicit trafficking ib aircraft and its components products. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*, 2017, no. 16, pp. 27-36. (In Russian).

2. Shapkin V.S., Brusnikin V.Yu., Glukhov G.E., Chernikov P.E., Garanin S.A., Kamzolov S.K. Modern approaches To the problems of protection of aviation equipment products from falsification and counteraction to illegal turnover of aviation industry products. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 2018, no. 22, pp. 59-68. (In Russian).

3. Glukhov G.E. Analysis of safety indices of flights and aviation security in relation to the task on construction of two-level system of continuous information monitoring of aviation activity safety. International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), 2019 April, Volume 10, issue 04, pp. 2654-2662

4. Brusnikin V.Yu., Glukhov G.E., Garanin S.A. Optimization of information exchange process between air enterprises within a single information space. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 2017, no. 17, pp. 27-33. (In Russian).

5. Blagorazumov A.K., Glukhov G.E., Kirpichev. I.G. Current issues and trends in introduction of information systems for monitoring aviation operations safety. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*, 2015, no. 10, pp. 57-65. (In Russian).

6. Petrukhin S.A., Brusnikin V.Yu., Sharypov A.N., Gubanov O.V., Koval S.V., Chernikov P.E. Possible approaches to the identification of aviation information published on the Internet. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 2019, no. 25, pp. 65-74. (In Russian).

7. Sharypov A.N., Brusnikin V.Yu, Koval S.V., Glukhov G.E., Gubanov O.V. Aircraft components life cycle monitoring as a tool for identifying inauthentic aviation equipment items. International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), 2018 July, Volume 9, issue 7, pp. 612-620.

8. Brusnikin V.Yu., Konkov A.Yu., Sharypov A.N. Some results of work of aviation components authenticity during monitoring of airworthiness. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*, 2010, no. 311, pp. 132-138. (In Russian).

9. Brusnikin V.Yu., Glukhov G.E., Chernikov P.E. Life cycle of aviation equipment at the stage of operation in the information and analytical system of aircraft airworthiness monitoring. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*, 2016, no. 15, pp. 33-39. (In Russian).

10. Brusnikin V.Yu., Glukhov G.E., Bykova V.V., Chernikov P.E., Koval S.V., Konkov A.Yu. User module "SUPPLIER" of IAS MLG VS: topicality to develop and main functions. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 2018, no.23, pp. 41-51. (In Russian).

11. Blagorazumov A.K., Glukhov G.E., Kirpichev I.G. Current issues and trends in introduction of information systems for monitoring aviation operations safety. *Nauchnyj vestnik MGTU GA = Scientific Bulletin of MSTU CA*, 2015, no. 10, pp. 57-65. (In Russian).

12. Glukhov G.E., Garanin S.A., Brusnikin V.Yu., Chernikov P.E., Gubanov O.V., Karapetyan A.G. About methods and models of development and implementation of modern technical decisions in the problems of protecting aviation technique from falsification. *Nauchnyj vestnik GosNII GA = Scientific Bulletin of The State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 2019, no. 26, pp. 52-61. (In Russian).

13. GOST R 55256-2012. Information protection. Vulnerabilities in information systems. The classification of vulnerabilities in information systems. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 8 p. (In Russian).

14. GOST R 51901.12-2007. Risk management. Procedure for failure mode and effects analysis. Moscow, Standartinform Publ., 2008, 35 p. (In Russian).

15. Glukhov G.E., Kirpichev I.G. *Informatsionno-analiticheskaya sistema monitoringa letnoj godnosti vozдушnykh sudov v zadachakh postroeniya sovremennoj sistemy upravleniya bezopasnost`yu poletov. Tezisy dokladov simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiem «Samoletostroenie Rossii. Problemy I perspektivy»* [The information analysis system for aircraft airworthiness monitoring in tasks of creation of the state safety program. Abstracts of the symposium with international participation "Russian aircraft manufacturing. Problems and prospects"]. 2012, pp. 138-140. (In Russian).

16. Gubanov O., Brusnikin V., Bykova V., Garanin S., Koval S. and Maslennikova G. The central civil aviation safety regulatory and guidance library of the Russian Federation. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJMET)*, 2019 January, Volume 10, issue 1, pp. 988-997.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Быкова Вера Викторовна**, старший научный сотрудник, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: bykova@mlgvs.ru.

**Глухов Геннадий Евгеньевич**, эксперт Системы добровольной сертификации объектов гражданской авиации, заместитель директора научного центра, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: glukhov@mlgvs.ru.

**Шарыпов Андрей Николаевич**, заместитель директора научного центра, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: sharypov@mlgvs.ru.

**Черников Павел Евгеньевич**, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: chernikov@mlgvs.ru.

**Коваль Сергей Васильевич**, заместитель начальника отдела, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: koval@mlgvs.ru.

**Коньков Александр Юрьевич**, ведущий инженер информационно-аналитического центра, ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Министерство транспорта Российской Федерации, ул. Михалковская, 67, корпус 1, Москва, Российская Федерация, 125438; e-mail: konkov@mlgvs.ru.

## ABOUT THE AUTHORS

**Bykova Vera V.**, Senior Researcher, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: bykova@mlgvs.ru.

**Glukhov Gennady E.**, Expert of System of Voluntary Certification of Civil Aviation Facilities, Deputy Director of the Center for Information Technology, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: glukhov@mlgvs.ru.

**Sharypov Andrey N.**, Deputy Director of Center, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: sharypov@mlgvs.ru.

**Chernikov Pavel E.**, Candidate of Technical Sciences, Deputy Head of Department, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: chernikov@mlgvs.ru.

**Koval Sergey V.**, Deputy Head of Department, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: koval@mlgvs.ru.

**Konkov A.Yu.** Leading Engineer, The State Scientific Research Institute of Civil Aviation, Ministry of Transport of the Russian Federation, Mikhalkovskaya Street, 67, building 1, 125438 Moscow, Russian Federation; e-mail: konkov@mlgvs.ru.