

УДК 681.518.3

ББК 39.56

DOI 10.51955/2312-1327_2021_1_30

АНАЛИЗ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ВЕРИФИКАЦИИ СИСТЕМ АВИОНИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОВРЕМЕННЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЁТОВ*

Сергей Александрович Дяченко^{1,2}

orcid.org/0000-0002-2977-0530,

аспирант¹, очное отделение, 3 курс, М70-306А-18, инженер-конструктор 1 категории²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,

²Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»,

¹Волоколамское ш., 4

²Ленинградский проспект, дом 68

Москва, 125993, Россия

dyachenkosergey33@yandex.ru

Артём Сергеевич Савельев^{1,2}

orcid.org/0000-0001-6582-0614,

аспирант¹, очное отделение, 3 курс, М70-306А-18, ведущий специалист по оценке безопасности²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»,

²Общество с ограниченной ответственностью «Лаборатория безопасных систем»,

¹Волоколамское ш., 4

Москва, 125993, Россия

artemsaveliev@inbox.ru

Аннотация. В работе проведён анализ существующих автоматизированных средств верификации систем авионики, применяемых при разработке современных гражданских самолётов. Рассмотрены основные представленные на рынке продукты, а также определены их достоинства и недостатки. По результатам проведённого анализа установлено, что перспективным направлением развития данного типа средств является обеспечение автоматизации тестирования визуальной и графической информации в рамках стендовых испытаний. Задача актуальна не только для авиационной промышленности, но также для любых технических объектов, использующих человеко-машинный интерфейс (космическая отрасль, автомобилестроение, судостроение и пр.).

Ключевые слова: анализ, автоматизация, верификация, программное обеспечение, гражданский самолёт, авионика, система автоматизированного проектирования, безопасность полета.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) в рамках научного проекта №20-31-90028 «Применение модельно-ориентированного подхода к оценке безопасности гражданских воздушных судов на примере комплекса бортового оборудования», выполняемого в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Руководитель проекта – кандидат технических наук, доцент Е. С. Неретин.

ANALYSIS OF AVIONICS AUTOMATION VERIFICATION MEANS USED IN THE MODERN CIVIL AIRCRAFT DEVELOPMENT

Sergei Alexandrovich Diachenko^{1,2}
orcid.org/0000-0002-2977-0530,
PhD student¹, leading specialist²

¹*Moscow Aviation Institute (National Research University),*

²*Integration Center branch of the Irkut Corporation,*

^{1,4}*, Volokolamskoe shosse,*

²*Leningradskiy prospect, 68,*

Moscow, 125993, Russia

dyachenkosergey33@yandex.ru

Artem Sergeevich Savelev^{1,2}

orcid.org/0000-0001-6582-0614,

PhD student¹, safety assessment leading specialist²

¹*Moscow Aviation Institute (National Research University),*

²*Advalange,*

^{1,4}*, Volokolamskoe shosse,*

Moscow, 125993, Russia

artemsaveliev@inbox.ru

Abstract. The paper describes the analysis results of the existing automated means used in civil aircraft avionics verification. The main solutions on the market and their advantages, disadvantages are considered. Based on the analysis results, it is found that a promising direction in this type of means development is to provide testing automation of graphic and aural information within the hardware-in-loop verification (including bench tests). The task is relevant not only for the aviation industry, but also for any technical objects using a human-machine interface (space industry, automotive, shipbuilding, etc.).

Key words: analysis, automation, verification, software, civil aircraft, avionics, computer-aided design system, flight safety.

Введение

Согласно статистике авиационных происшествий международной организации воздушного транспорта (ИАТА) потеря управляемости в полёте (англ. loss of control in-flight, далее – LOC-I) является лидирующей причиной катастроф по количеству жертв. В период с 2015 по 2019 гг. число жертв по причине LOC-I составляет 51% от общего числа пострадавших, хотя по данной причине произошло только 8% происшествий [ИАТА, 2019, с. 8].

Согласно принятой терминологии к LOC-I относятся случаи, в которых экипаж не смог сохранить управление в полёте, что привело к непоправимому отклонению от предполагаемой траектории [ICAO, 2011, с. 19]. Среди основных причин потери контроля, относящихся к LOC-I, выделяются:

- сбой или неисправность системы / компонента самолёта;

- ухудшенные метеорологические условия;
- действия экипажа, связанные с низкой видимостью;
- преднамеренный манёвр (приведший, например, к сваливанию);
- события, вызванные обледенением элементов борта и др.

Большинство из них описывают сложные метеоусловия или некорректные действия экипажа, т. е. являются практически непредсказуемыми обстоятельствами. Соответственно, их предотвращение крайне затруднительно. Однако сбой или неисправность самолётной системы может быть вызвана ошибкой, допущенной при проектировании воздушного судна и не выявленной своевременно в рамках тестирования и сертификации.

Учитывая, что на сегодняшний день большинство функций авионики выполняется посредством программного обеспечения (ПО), сложность и объёмы которого со временем растут, требуются особые меры обеспечения его безопасности. К их числу, в частности, относится необходимость выполнения жёстких требований, наложенных на процесс создания бортового ПО, которые регламентированы действующей нормативной базой по разработке гражданской авиационной техники. Соответствующий стандарт КТ-178С [МАК, 2016] (отечественный аналог документов DO-178С / ED-12, принятых в США и странах Европы соответственно) полностью описывает данный процесс, включая:

- планирование;
- разработку (в т. ч. разработку требований, проектирование, кодирование и интеграцию ПО);
- сертификацию;
- интегральные подпроцессы (верификацию, управление конфигурацией и обеспечение гарантии качества ПО, взаимодействие с сертифицирующим органом).

Помимо строгого соблюдения требований к жизненному циклу (ЖЦ) для повышения безопасности кода разработчики бортового ПО стремятся к сокращению влияния человеческого фактора при его создании. Указанные цели достигаются посредством внедрения средств автоматизации, использование которых также снижает временные и экономические затраты, связанные с данным процессом.

Целью работы является проведение анализа средств автоматизации верификации ПО систем авионики для гражданских самолётов, представленных на рынке.

Обзор решений в части автоматизации верификации бортового ПО

На текущий момент среди подходов к верификации ПО авионики широко распространены формальные методы (в частности, model checking), которые основываются на анализе модели системы. Подобная модель, состоящая из конечного числа состояний и выраженная на языке темпоральной логики, совместно с логическими формулами поступает на вход программы-

верификатора, осуществляющего автоматическую проверку истинности данных формул. Также к числу формальных методов верификации относится применение аппарата сетей Петри, для которых моделирование осуществляется на событийном уровне. В этом случае определяются действия, происходящие в системе, какие события им предшествовали и какие состояния примет система после их выполнения [Ивутин и др., 2011, с. 566]. Формальные методы реализуют программные среды ANSYS SCADE Suite Design Verifier [FMICS, 2011], MATLAB & Simulink Design Verifier [SEFM, 2014], MASIW разработки ИСП РАН совместно с ФГУП «ГосНИИАС» [Буздалов и др., 2014, с. 214] и др. Однако данная верификация направлена на проверку соответствия модели требованиям, описанным на формальном языке, и не учитывает особенностей работы ПО на целевой платформе.

Для автоматизации верификации на стендах полунатурного моделирования используются программно-аппаратные средства, позволяющие контролировать и обрабатывать потоки данных в кодовых линиях связи, формировать отчёты по результатам испытаний. Примером подобного средства является программный диагностический комплекс «ФРЕГАТ» производства АО «УКБП» [Черкашин, 2009, с. 392-393]. Продукт обеспечивает имитацию информационных сигналов для различных интерфейсов (разовые команды, RS-232, ARINC 429, ARINC 708, ARINC 717, МКИО и др.) посредством соответствующих устройств ввода / вывода. Подача сформированных входных сигналов и считывание результатов их обработки для тестируемой системы позволяют оценить корректность работы встраиваемого ПО. Кроме того, «ФРЕГАТ» обеспечивает отображение, документирование и сохранение результатов диагностирования и пр. информации.

К числу прочих представленных на рынке компаний, деятельность которых связана с верификацией ПО, относятся: ООО «АВИАОК» (Россия), ScienceSoft (США), A1QA (США), Advalange (Россия), Kualitatem (США), TestingXperts (Великобритания), Vector (США), BugRaptors (Индия), LDRA Technology (США) и др. [Top 20 ..., 2019], [Advalange, 2020], [LDRA ..., 2020]. Перечисленные предприятия обеспечивают в большей степени аутсорсинговые услуги по тестированию ПО с учётом требований отраслевых стандартов, включая настройку среды испытаний, генерацию тестовых последовательностей, автоматизацию интеграционного и модульного тестирования, генерацию результатов испытаний, помощь в части ПО при сертификации.

Однако существует ряд бортовых систем из состава комплекса бортового оборудования, в ходе испытаний которых требуется проведение визуального контроля отображаемых данных – в частности, для систем индикации в кабине экипажа. Аналогична ситуация с системами сигнализации, формирующими предупреждения для лётного состава в текстовой и звуковой формах. Указанные системы являются высоко критичными, их отказ может привести к катастрофической и аварийной ситуациям соответственно.

Средства автоматизации их верификации, способные фиксировать и обрабатывать графическую и звуковую информацию, на сегодняшний день не представлены на рынке. Однако их реализация возможна посредством применения методов компьютерной обработки информации (в частности, алгоритмов распознавания изображений и звука).

На текущем этапе развития технологии широкий спектр методов компьютерной обработки изображений и звука используются в IT-сфере (для аутентификации в программных сервисах по биометрическим данным), медицине (с целью раннего обнаружения и диагностирования опасных заболеваний), видеонаблюдении (для трекинга автомобилей и граждан в городах) и др. областях. В авиации подобные решения применяются преимущественно в аэропортах для распознавания лиц пассажиров и содержимого багажа с целью выявления злоумышленников и запрещённых к провозке предметов соответственно. Однако внедрение компьютерной обработки информации не ограничивается указанными задачами. Пособством её использования в процессе разработки воздушного судна возможно достичь значительных преимуществ по сравнению с действующими подходами.

Поскольку отмеченные выше методы универсальны, они могут быть адаптированы под любые системы человеко-машинного взаимодействия. Т. е. использование средств автоматизации верификации графической и звуковой информации не ограничивается только авиационной отраслью. Их применение возможно для любых технических объектов с пользовательским интерфейсом, что обеспечивает спрос не только на рынке авиастроения, но и в других областях промышленности (космическая отрасль, судостроение, автомобилестроение).

Заключение

На текущий момент на рынке представлено множество решений в части верификации ПО авиационных бортовых систем: программные пакеты, реализующие формальные методы, для отработки моделей оборудования; комплексы контроля кодовых линий связи в части входных и выходных параметров; аутсорсинговые услуги по тестированию встроенного ПО. Однако имеющиеся продукты не обеспечивают автоматизацию испытаний в части графической и звуковой информации.

Их разработка на основе методов компьютерной обработки информации позволит существенно сократить временные и финансовые затраты на тестирование систем человеко-машинного взаимодействия (в частности, систем индикации и сигнализации в кабине экипажа), снизить влияние человеческого фактора (и, соответственно, вероятности ошибки), повысить безопасность полёта. Глобально сокращение времени испытаний уменьшает сроки производства самолёта и ускоряет процесс его сертификации.

Кроме того, универсальность методов машинной обработки информации позволяет адаптировать описанное средство верификации под любые технические объекты с пользовательским интерфейсом, что обеспечивает спрос

в большинстве отраслей промышленности (авиастроение, космическая отрасль, судостроение, автомобилестроение и др.).

Библиографический список

Буздалов, Д. В. Инструментальные средства проектирования систем интегрированной модульной авионики / Д. В. Буздалов, С. В. Зеленов, Е. В. Корныхин, А. К. Петренко [др.] // Труды Института системного программирования РАН. М. ИСП РАН, 2014. Т. 26, №1. С. 201-230.

Ивутин, А. Н. Основные подходы к верификации программного обеспечения реального времени / А. Н. Ивутин, Е. И. Дараган // Известия ТулГУ. Технические науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. №2. С. 563-567.

МАК КТ-178С. Квалификационные требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники. М.: МАК, 2016. 106 с.

Черкашин, С. В. Универсальная система диагностирования бортового радиоэлектронного оборудования / С. В. Черкашин, В. В. Шишкин, Н. А. Долбня // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара: Издательство Самарского федерального исследовательского центра РАН, 2009. Т. 11, №3(2). С. 392-397.

Advalange. URL: <https://advalange.ru/testing>, свободный. (дата обращения: 10.10.2020).

IATA Safety Report 2019. 56th Edition. – Канада: Монреаль, IATA, 2020. 262 с.

ICAO Aviation Occurrence Categories. Definitions and Usage Notes. Канада: Монреаль, ICAO, 2011. 28 с.

LDRA Automating Software Verification, Requirements Traceability and Standards Compliance. URL: <https://ldra.com/>, свободный. (дата обращения: 10.10.2020).

Methods for Industrial Critical Systems // Proceedings of 16th International Workshop FMICS. Италия: Тренто, Springer, 2011. 261 с.

Software Engineering and Formal Methods / Proceedings of 12th International Conference SEFM. Франция: Гренобль, Springer, 2014. 394 с.

Top 20 Software Testing Companies in 2019. – URL: https://medium.com/@andy_dassan/top-software-testing-companies-in-2019-c418b24f69d0, свободный. (дата обращения: 10.10.2020).

References

Advalange [Online]. Accessed: Aug. 14 2020. Available: <https://advalange.ru/testing> (date of the request: 10.10.2020). (In English).

Buzdalov, D. V. The tools of integrated modular avionics systems design (In Russian) / D. V. Buzdalov, Zelenov S. V., Kornikhin E. V., Petrenko A. K., et al. // Proc. of the System Programming Institute of Russian Academy of Sciences. – Moscow: SPI RAS Publishing, 2014. – Vol. №26, №1. – pp. 201-230. (In Russian).

Cherkashin, S. V. Universal diagnostic system for onboard radio-electronic equipment (In Russian) / S. V. Cherkashin, Shishkin V. V., Dolbnya N. A. // Proc. of the Samara Scientific Center of Russian Academy of Sciences. Samara: SSC RAS Publishing, 2009. – Vol. 11, №3. – pp. 392-397. (In Russian).

IATA Safety Report 2019. 56th Edition. – Canada: Montreal, IATA, 2020. – p. 262. (In English).

ICAO Aviation Occurrence Categories. Definitions and Usage Notes. – Canada: Montreal, ICAO, 2011. – p. 28. (In English).

Ivutin, A. N. The main approaches to real-time software verification (In Russian) / A. N. Ivutin, Daragan E. I. // Technical Science Proc. of Tula State University. – Tula: TSU Publishing, 2011. – №2. – pp. 563-567. (In Russian).

КТ-178С Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification (In Russian). – Moscow: Interstate Aviation Committee, 2016. – p. 106.

LDRA Automating Software Verification, Requirements Traceability and Standards Compliance [Online]. Accessed: Aug. 14 2020. Available: <https://ldra.com> (date of the request: 10.10.2020). (In English).

Methods for Industrial Critical Systems // Proceedings of 16th International Workshop FMICS. – Italy: Trento, Springer, 2011. – 261 p. (In English).

Software Engineering and Formal Methods / Proceedings of 12th International Conference SEFM. – France: Grenoble, Springer, 2014. – 394 p. (In English).

Top 20 Software Testing Companies in 2019 [Online]. Accessed: Aug. 14 2020. Available: https://medium.com/@andy_dassan/top-software-testing-companies-in-2019-c418b24f69d0 (date of the request: 10.10.2020). (In English).