

УДК 621.45-55.01:006.83

doi: 10.32620/aktt.2022.4sup1.14

Г. С. РАНЧЕНКО, А. Г. БУРЯЧЕНКО, В. М. ГРУДИНКИН

АО «Элемент», Одесса, Украина

ВНЕДРЕНИЕ DO-254 В ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ РЕГУЛЯТОРОВ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

Описан опыт предприятия АО «Элемент» – сертифицированного разработчика и изготовителя комплектующих изделий авиационной техники – по внедрению в процесс разработки изделий, а именно, их аппаратной части, требований и рекомендаций Руководства по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры RTSA DO-254, аналогично ранее внедренному RTSA DO-178 для встроеного программного обеспечения упомянутых изделий. Отмечено, что необходимость внедрения этих документов, разрабатываемых Radio Technical Commission for Aeronautics, обусловлена стремлением отечественных разработчиков и изготовителей изделий авиационной техники к интеграции в систему международного взаимодействия в области авиастроения. Приведены краткие результаты сравнения требований DO-254 с требованиями отечественного стандарта ДСТУ 3974-2000 к проведению разработки в части последовательности этапов и содержания работ. Показано, что, работая в соответствии с требованиями действующей отечественной системы стандартов, украинские предприятия-разработчики (в том числе АО «Элемент») в достаточной мере обеспечивают полноту прохождения того, что во внедряемом Руководстве DO-254 названо «жизненным циклом конструирования аппаратуры» и что основные различия заключаются в форме документирования процессов и результатов разработки. Рассмотрены отличия понятия планирования согласно DO-254 и в отечественной практике и проведены аналогии между планами в интерпретации DO-254 и документами, традиционными для системы отечественных стандартов. Отмечено, что в части практического освоения форм и методов документирования процессов жизненного цикла разработки бортовой аппаратуры предприятие АО «Элемент» в настоящее время находится на начальной стадии, впервые внедряя их в проводимой в настоящее время разработке регулятора РДЦ-450М-117В для авиадвигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1В. Намечены перспективы работы предприятия в рассматриваемом направлении, включая интеграцию требований и рекомендаций DO-254 в систему стандартов предприятия, действующих в рамках сертифицированной системы менеджмента качества.

Ключевые слова: сертификация; комплектующие изделия авиационной техники; порядок разработки; регулятор двигателя.

Введение

Первый разработанный АО «Элемент» регулятор двигателя цифровой РДЦ-450М для авиадвигателя АИ-450М был квалифицирован (на соответствие категории А) в Авиарегистре Межгосударственного Авиационного комитета и Госавиаслужбе Украины с выдачей Свидетельств о годности комплектующего изделия авиационной техники в мае 2014 года [1].

За прошедшее время на предприятии разработаны и внедрены в производство ряд регуляторов, обеспечивающих управление двигателями разработки ГП «Ивченко–Прогресс» и АО «Мотор Сич», такими как, например, АИ-450С, МС-500В-02С и другие, включая двигатель беспилотного летательного аппарата [2 – 4].

АО «Элемент» – сертифицированный разработчик и изготовитель комплектующих изделий авиационной техники. Кроме того, регулярно, с 2010 года, предприятие успешно проходило аудиты

инспекционно-сертификационной компании Bureau Veritas на соответствие системы менеджмента качества требованиям ISO 9001:2008, а с 2018 – внедрен ISO 9001:2015 [5].

Разработка и внедрение в производство комплектующих изделий авиационной техники выполняются на предприятии в соответствии с требованиями и рекомендациями нормативных документов, регламентирующих порядок проведения работ, обеспечения их контроля и оформления отчетных документов. В АО «Элемент» разработаны и действуют более 60 стандартов предприятия.

По мере интенсификации усилий, предпринимаемых отечественными разработчиками и изготовителями изделий авиационной техники для интеграции в систему международного взаимодействия, расширяется и перечень требуемых к внедрению международных стандартов.

Если, например, документы RTSA (Radio Technical Commission for Aeronautics) DO-160 (русскоязычный вариант – КТ-160) и DO-178 (КТ-178)

АО «Элемент» применяет, начиная с упомянутой квалификации РДЦ-450М в 2014, то требование вести разработку в соответствии с DO-254 (КТ-254), выдвинутое при получении технического задания на регулятор для двигателя ТВ3-117ВМА-СБМ1В, явилось сравнительно новым.

1. Анализ требований

DO-254 «Design assurance guidance for airborne electronic hardware» или «Руководство по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры» регламентирует, как следует уже из названия, порядок разработки (конструирования) аппаратуры, причем под аппаратурой понимается именно аппаратная (в отличие от программной) часть изделия.

Разумеется, далеко не на всех этапах жизненного цикла аппаратура и программное обеспечение могут рассматриваться обособленно друг от друга, и испытания изделия в целом остаются важнейшей составляющей его сертификации (квалификации), но в рамках работ по созданию комплектующих изделий авиационной техники обязательными составляющими сегодня признаны как сертификация программного обеспечения согласно DO-178, так и сертификация аппаратуры согласно DO-254.

Общезвестно, что сертификация не ограничивается успешным проведением испытаний готового продукта – разработчик должен доказать, что он соблюдал предписанные стандартами процессы на всех этапах разработки и выполнял предписанные мероприятия квалифицированными инструментами. То есть важнейшей составляющей является выполнение предусмотренных стандартами этапов разработки, документирование процессов и своевременное предоставление данных сертифицирующему органу.

При выполнении предшествующих разработок специалисты АО «Элемент» руководствовались отечественными стандартами (как действующими с конца прошлого века, так и осовремененными), относящимися к системе разработки и постановки продукции на производство, основополагающим среди которых можно считать ДСТУ 3974-2000 «Правила выполнения опытно-конструкторских работ. Общие положения».

Если провести сравнение ДСТУ 3974-2000 с DO-254 (краткие сведения по результатам сравнения приведены в таблице 1), то становится ясно, что именно этот отечественный документ является аналогом предлагаемого зарубежного Руководства.

Разумеется, следует учесть, что DO-254 изначально ориентировано на аппаратуру бортового применения и, соответственно, наряду с общими требованиями и рекомендациями отражает целый

ряд специфических аспектов, в то время как ДСТУ 3974-2000 объединяет требования к разработке любых изделий (кроме тех, которые подпадают под управление стандартами системы разработки военной техники). Впрочем, ДСТУ 3974-2000, являясь базовым, в любом случае предусматривает соблюдение еще целого ряда более специализированных нормативных документов, направленных на детализацию специфических требований – таков был изначальный принцип построения упомянутой системы стандартов.

В целом, сравнение ДСТУ 3974-2000 и DO-254 позволяет утверждать, что, работая в соответствии с требованиями действующей отечественной системы стандартов, украинские предприятия-разработчики (в том числе, АО «Элемент») в достаточной мере обеспечивали полноту прохождения того, что во внедряемом Руководстве DO-254 названо «жизненным циклом конструирования аппаратуры». Однако, что касается документирования процессов в форме, требуемой для сертификации аппаратной части, то тут необходима дополнительная проработка и освоение новых подходов.

2. Опыт применения и перспективы

Практическое освоение DO-254 и, в том числе, новых форм документирования процессов конструирования, специалисты АО «Элемент» начали в текущем году в процессе разработки регулятора РДЦ-450М-117В.

Содержание и документирование работ начального этапа, названного в DO-254 процессом определения требований, можно считать полностью соответствующими традиционной практике разработки технического задания на изделие в целом и последующего формирования на его базе внутренних технических заданий для подразделений предприятия (конструкторов-механиков, технологов, схемотехников, программистов и т.д.). Причем отмеченная в DO-254 итеративность процесса формирования требований также предусмотрена правилами оформления дополнений к техническим заданиям. На этом этапе традиционная форма документирования представляется достаточной.

Гораздо менее схожим с предыдущей практикой выглядит в новой интерпретации процесс планирования, предусматривающий наличие планов, каждый из которых отражает один из процессов:

- сертификации аппаратуры;
- конструирования аппаратуры;
- обоснования аппаратуры;
- верификации аппаратуры;
- управления конфигурацией аппаратуры;
- гарантии аппаратуры.

Таблица 1

Краткое сравнение документов

DO-254 Руководство по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры		ДСТУ 3974-2000 Правила выполнения опытно-конструкторских работ. Общие положения	
Номер раздела, пункта	Содержание	Номер раздела, пункта	Содержание
5.1	Процесс определения требований (Requirements Capture Process)	6	Разработка ТЗ на проведение ОКР и ее составные части
5.2	Процесс эскизного проектирования (Conceptual Design Process)	7.2	Содержание работ на стадии «Техническое предложение»
		7.3	Содержание работ на стадии «Эскизный проект»
5.3	Процесс технического проектирования (Detailed Design Process)	7.4	Содержание работ на стадии «Технический проект»
5.4	Процесс реализации (Implementation Process)	7.5.1	Содержание работ на этапе «Разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца»
5.5	Процесс перехода к производству (Production Transition Objectives)	7.5.2	Содержание работ на этапе «Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний»
5.6	Приемочные испытания (Acceptance Test)	7.5.3	Содержание работ на этапе «Приемочные испытания опытного образца. Корректировка конструкторской документации...»
5.7	Серийное производство (Series Production) – «... этот процесс выходит за рамки данного документа...»	7.5.3.7	«Комиссия определяет ... рекомендации о постановке продукции на производство. Рекомендация относительно изготовления установочной серии фактически означает возможность освоения производства, которое (освоение) заканчивают квалификационными испытаниями...»

Требования DO-254 к содержанию планов таковы, что, например, план сертификации аппаратуры вполне заслуживает быть поставленным в соответствие с документами на стадии технического предложения, а, возможно, даже и эскизного проекта, в системе отечественных нормативных документов, поскольку он должен включать:

- обзор системы (под системой в DO-254 понимается изделие в целом, состоящее из аппаратуры и программного обеспечения), включая функциональное описание системы, ее архитектуры и распределение функций со ссылками на системную документацию;

- обзор аппаратуры, в том числе описание элементов аппаратуры и ее архитектуры, новых технологий и используемых методов отказобезопасности, отказоустойчивости, резервирования и обособления;

- жизненный цикл конструирования, в том числе взаимоотношения между процессами и действиями, критерии перехода, использование инструментов и средств обеспечения взаимодействия

внутри процессов и между процессами.

Кроме того, должны быть описаны данные жизненного цикла и приведен график сертификации.

Таким образом, план сертификации аппаратуры должен отражать результаты уже выполненной первоначальной проработки технических решений, что, впрочем, не противоречит требованию DO-254, что «планы должны быть представлены сертифицирующему органу, когда влияния изменений на программу минимальны».

Из опыта предшествующих квалификаций комплектующих изделий авиационной техники тут напрашивается аналогия с «Описанием», предоставляемым сертифицирующему органу на этапе макета при квалификации комплектующих изделий авиационной техники категории А.

К настоящему времени АО «Элемент» находится на стадии внедрения требований и рекомендаций DO-254 в процесс разработки комплектующих изделий авиационной техники, из которых первым, так сказать, примером объективно оказался регулятор РДЦ-450М-117В.

Из состава разработчиков и представителей контролирующих служб сформированы группы, отвечающие за различные аспекты обеспечения доказательств соответствия, достаточных для сертификации аппаратуры по требованиям DO-254.

В смысле практического освоения и применения DO-254 на предприятии в полной мере пройден только этап разработки необходимого набора перечисленных выше планов специфической формы. Продолжается углубленное изучение документа широким кругом специалистов АО «Элемент», идет выработка рекомендаций по доработке стандартов предприятия.

В этой связи можно заметить, что при изучении рассматриваемого Руководства имеет значение своего рода «языковой барьер», то есть даже при доступности профессионального перевода специфика формулировок затрудняет восприятие для «среднестатистического» специалиста. Так, например, приводимое разъяснение (определение) термина «обратное конструирование (reverse engineering)» в виде «повторное применение элемента аппаратуры путем изучения его конструкции, функции и характеристик в заданных окружающих условиях» не сразу помогает понять фразу: «Может использоваться обратное конструирование для восстановления данных жизненного цикла аппаратуры, которые для удовлетворения целей данного документа недостаточны или отсутствуют».

Таким образом, говоря об изучении, следует понимать, что весьма объемный многостраничный документ требует неоднократного вдумчивого прочтения, не говоря уже о дальнейшей выработке форм представления ряда дополнительных отчетных документов.

Учитывая сказанное представляется целесообразным обеспечить более существенную методическую помощь предприятиям, связанным с авиастроением, со стороны Госавиаслужбы Украины. Об этом мы уже писали (хотя и несколько в ином аспекте) в статье [6] 2016 года в связи с интенсивно проводившимся реформированием с целью дальнейшей гармонизации с требованиями Европейского агентства авиационной безопасности (European Aviation Safety Agency – EASA) и Федерального управления гражданской авиации США (Federal Aviation Administration – FAA). Вопрос о методической помощи остается актуальным.

Заключение

1. Сравнение государственного стандарта Украины ДСТУ 3974-2000 и документа Radio Technical Commission for Aeronautics DO-254 позволяет утверждать, что работа в соответствии с отече-

ственными стандартами обеспечивает полноту прохождения жизненного цикла конструирования аппаратуры согласно DO-254 от процесса определения требований до приемочных испытаний, однако цели сертификации по международным правилам требуют внедрения новых форм документирования хода и результатов процессов конструирования.

2. В АО «Элемент» в рамках разработки регулятора РДЦ-450М-117В для двигателя ТВЗ-117ВМА-СБМ1В ведется работа по обеспечению практического освоения требований и рекомендаций DO-254 в объеме, достаточном для подтверждения соответствия этим требованиям при сертификации аппаратуры. По результатам первого этапа разработан комплект документов, охватывающих все аспекты планирования и формирования требований.

3. Перспектива проводимой в АО «Элемент» работы предусматривает углубленное изучение широким кругом специалистов требований и рекомендаций Руководства по гарантии конструирования бортовой электронной аппаратуры DO-254 с их последующей интеграцией в систему стандартов предприятия.

Литература

1. Регулятор двигателя АИ-450М – результаты разработки и квалификации на категорию А [Текст] / Г. С. Ранченко, А. Г. Буряченко, В. М. Грудинкин [и др.] // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2014. – №10 (117). – С. 93–98.

2. Буряченко, А. Г. Модификация типовой конструкции регулятора двигателя АИ-450М – сущность, процедуры и результаты [Текст] / А. Г. Буряченко, Г. С. Ранченко, Д. С. Бурунов // *Вестник двигателестроения*. – 2017. – №2. – С. 86–89.

3. Базовое исполнение регулятора авиадвигателя и его модификации [Текст] / Г. С. Ранченко, А. Г. Буряченко, В. М. Грудинкин, В. В. Данилов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2020. – № 8(168). – С. 160–165. DOI: 10.32620/akt.2020.8.21.

4. Буряченко, А. Г. Регулятор для двигателя МС-500 – разработка, испытания, сертификация [Текст] / А. Г. Буряченко, Г. С. Ранченко, А. О. Таранишин // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2021. – №4sup2(174). – С. 87–92. DOI: 10.32620/akt.2021.4sup2.11.

5. Буряченко, А. Г. Переход от ISO 9001:2008 к ISO 9001:2015 как фактор повышения эффективности работы предприятия [Текст] / А. Г. Буряченко, И. А. Рыбакова, О. В. Немченко // *Вестник двигателестроения*. – 2017. – №2. – С. 174–179.

6. Ранченко, Г. С. Квалификация КИ АТ – современные требования и взаимодействие национальных и межгосударственных авиационных вла-

стей [Текст] / Г. С. Ранченко, А. Г. Буряченко // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2016. – №7 (134). – С. 33–37.

References

1. Ranchenko, G. S., Buryachenko, A. G., Grudinkin, V. M., Golubev, N. L., Danilov, V. V. Regulyator dvigatelya AI-450M – rezul'taty razrabotki i kvalifikatsii na kategoriyu A [AI-450M engine regulator - results of development and qualification for category A]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2014, no. 10 (117), pp. 93–98.

2. Buryachenko, A. G., Ranchenko, G. S., Burunov, D. S. Modifikatsiya tipovoi konstruktsii regulyatora dvigatelya AI-450M – sushchnost', protsedury i rezul'taty [Modification of the standard design of the AI-450M engine controller - essence, procedures and results]. *Vestnik dvigatelestroeniya – Engine building messenger*, 2017, no. 2, pp. 86–89.

3. Ranchenko, G. S., Buryachenko, A. G., Grudinkin, V. M., Danilov, V. V. Bazovoe ispolnenie regulyatora aviadvigatelya i ego modifikatsii [Basic version of the aircraft engine regulator and its modifications]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aero-*

space technic and technology, 2020, no. 8 (168), pp. 160–165. DOI: 10.32620/akt.2020.8.21.

4. Buryachenko, A. G., Ranchenko, G. S., Taranishin, A. O. Regulyator dlya dvigatelya MS-500 – razrabotka, ispytaniya, sertifikatsiya [Regulator for engine MC-500 – development, testing, certification]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2021, no. 4sup2(174), pp. 87–92. DOI: 10.32620/akt.2021.4sup2.11.

5. Buryachenko, A. G., Rybakova, I. A., Nemchenko, O. V. Perekhod ot ISO 9001:2008 k ISO 9001:2015 kak faktor povysheniya effektivnosti raboty predpriyatiya [Transition from ISO 9001:2008 to ISO 9001:2015 as a factor in improving the efficiency of the enterprise]. *Vestnik dvigatelestroeniya – Engine building messenger*, 2017, no. 2, pp. 174–179.

6. Ranchenko, G. S., Buryachenko, A. G. Kvalifikatsiya KI AT – sovremennye trebovaniya i vzaimodeistvie natsional'nykh i mezghosudarstvennykh aviatsionnykh vlastei [Qualification of aviation equipment components - modern requirements and interaction between national and interstate aviation authorities]. *Aviacijno-kosmicna tehnika i tehnologia – Aerospace technic and technology*, 2016, no. 7 (134), pp. 33–37.

Надійшла до редакції 27.04.2022, розглянута на редколегії 8.08.2022

ВПРОВАДЖЕННЯ DO-254 В ПРОЦЕС РОЗРОБКИ РЕГУЛЯТОРІВ АВІАДВИГУНІВ

Г. С. Ранченко, А. Г. Буряченко, В. М. Грудінкін

Описано досвід підприємства АТ «Елемент» – сертифікованого розробника та виготовлювача комплектуючих виробів авіаційної техніки – щодо впровадження у процес розробки виробів, а саме їх апаратної частини, вимог та рекомендацій Посібника з гарантії конструювання бортової електронної апаратури RTSA DO-254, аналогічно раніше впровадженому RTSA DO-178 для вбудованого програмного забезпечення згаданих виробів. Відзначено, що необхідність впровадження цих документів, що розробляються Radio Technical Commission for Aeronautics, обумовлена прагненням вітчизняних розробників та виробників виробів авіаційної техніки до інтеграції в систему міжнародної взаємодії в галузі авіабудування. Наведено короткі результати порівняння вимог DO-254 з вимогами вітчизняного стандарту ДСТУ 3974-2000 до проведення розробки в частині послідовності етапів та утримання робіт. Показано, що, працюючи відповідно до вимог діючої вітчизняної системи стандартів, українські підприємства-розробники (у тому числі АТ «Елемент») достатньою мірою забезпечують повноту проходження того, що у впроваджуваному Керівництві DO-254 названо «життєвим циклом конструювання апаратури» і основні відмінності полягають у формі документування процесів і результатів розробки. Розглянуто відмінності поняття планування згідно DO-254 та у вітчизняній практиці та проведено аналогії між планами в інтерпретації DO-254 та документами, традиційними для системи вітчизняних стандартів. Відзначено, що в частині практичного освоєння форм і методів документування процесів життєвого циклу розробки бортової апаратури підприємство АТ «Елемент» в даний час знаходиться на початковій стадії, вперше впроваджуючи їх у розробці регулятора РДЦ-450М-117В для авіадвигуна ТВ3-117ВМА-СБМ1В. Намічені перспективи роботи підприємства у розглянутому напрямку, включаючи інтеграцію вимог та рекомендацій DO-254 у систему стандартів підприємства, що діють у рамках сертифікованої системи менеджменту якості.

Ключові слова: сертифікація; комплектуючі вироби авіаційної техніки; порядок розробки; регулятор двигуна.

INTRODUCING DO-254 TO THE DEVELOPMENT OF AIRCRAFT ENGINE CONTROLLERS

*Gennadii Ranchenko, Anna Buryachenko,
Viacheslav Hrudinkin*

The experience of JSC Element, a certified developer and manufacturer of components for aviation equipment, is described in terms of introduction into the product development process, namely, their hardware, the requirements and recommendations of the RTSA DO-254 avionics design assurance manual, similarly earlier implemented RTSA DO-178 for the firmware of said products. The need to introduce these documents developed by the Radio Technical Commission for Aeronautics is due to the desire of domestic developers and manufacturers of aircraft products to integrate into the system of international cooperation in the field of aircraft manufacturing. Brief results of the comparison of the requirements of DO-254 with the requirements of the national standard DSTU 3974–2000 for development in terms of the sequence of stages and the content of work are given. It is shown that, working in accordance with the requirements of the current domestic system of standards, Ukrainian development enterprises (including Element JSC) sufficiently ensure the completeness of the passage of what is called in the implemented Guide DO-254 "life cycle of hardware design" and that the main differences are in the form of documentation of development processes and results. Differences in the concept of planning according to DO-254 and in domestic practice are considered, and analogies are redrawn between plans in the interpretation of DO-254 and documents traditional for the system of domestic standards. In terms of the practical development of the forms and methods for documenting the life cycle processes of the development of onboard equipment, the company JSC "Element" is currently at the initial stage, introducing them for the first in the development of the RDC-450M-117V regulator for the aircraft engine TV3-117VMA-SBM1V. The prospects for the work of the enterprise in this direction are outlined, including the integration of the requirements and recommendations of DO-254 into the system of enterprise standards operating within the framework of a certified quality management system.

Keywords: certification; aviation equipment components; development procedure; engine regulator.

Ранченко Геннадій Степанович – канд. техн. наук, головний конструктор АО «Елемент», Одеса, Україна.

Буряченко Анна Григорьевна – головний метролог АО «Елемент», Одеса, Україна.

Грудинкин Вячеслав Михайлович – заступитель главного конструктора, АО «Елемент», Одеса, Україна.

Gennadii Ranchenko – Candidate of Technical Science, Chief Designer of JSC "Element", Odesa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua, ORCID: 0000-0002-1896-038X.

Anna Buryachenko – Chief Metrologist of JSC "Element", Odesa, Ukraine, e-mail: annaodessa55@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4480-6965.

Viacheslav Hrudinkin – Deputy Chief Designer, JSC Element, Odesa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua, ORCID: 0000-0002-2766-1162.