

УДК 621.31

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА АВИАЦИОННУЮ ТЕХНИКУ В РАМКАХ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЙ

А. С. Гавзов¹, Н. Е. Зайкина², В. А. Калий³, К. А. Кушев⁴, М. С. Савченко⁵

¹alexgavzov@mail.ru, ^{2,4}jkus@ya.ru, ³kalijva@technodinamika.ru, ⁵savchenkomik@yandex.ru

¹АО «ЦС «Звездочка»

^{2,4}НТЦ аэрокосмических систем ОАО «РТИ»

³АО «Уфимское агрегатное производственное объединение» (УАПО)

⁵АО «Корпорация ВНИИЭМ»

Поступила в редакцию 25.09.2017

Аннотация. При проектировании технически сложных систем возникает необходимость создания эксплуатационной и технической документации. Существуют зарубежные стандарты, направленные на регулирование эксплуатационной документации. При поставке за рубеж изделий авиационной техники, разработанных и сертифицированных в РФ, необходимо полностью перерабатывать всю документацию в соответствии с международными спецификациями, что отрицательно влияет на конкурентоспособность такой продукции на мировом рынке. В данной статье рассматривается возможность и целесообразность создания единой системы кодирования изделий авиационной техники с целью обеспечения возможности эффективного управления жизненным циклом изделий, в том числе создание одного комплекта документации для сертификации как в РФ, так и за рубежом. Обосновано, что при разработке схемы деления изделия и кодификации его элементов необходимо использовать стандартную систему нумерации S1000D. Такой подход создаст условия для эффективного управления жизненным циклом высокотехнологичной продукции авиационного назначения, позволит повысить конкурентоспособность такой продукции и упростить ее выход на мировой рынок. Известно, что значительная доля выручки и прибыли мировых производителей авиационной техники основана на поставках запасных частей и комплектующих изделий. В настоящее время в РФ управление жизненным циклом изделий и логистическая поддержка в процессе эксплуатации сложной авиационной техники не является широко распространенным или хорошо отработанным процессом.

Ключевые слова: агрегат; конструкция; документация; изделие; система; жизненный цикл; кодирование; эксплуатация; авиационная техника.

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование современных технически сложных объектов, таких как корабли, ракеты, самолеты, а также многокомпонентных систем со сложной иерархией, например, система электроснабжения самолета, космические средства связи и спутниковые системы и др., помимо разработки

различных моделей и конструкторской документации, требует создания большого объема эксплуатационной и технической документации. Ежегодно создаются новые изделия, которые могут разрабатываться впервые или могут объединять не совмещаемые ранее изделия, что создает для разработчика проблему управления большим

массивом данных, среди которых могут быть как актуальные, так и устаревшие или не соответствующие фактической конструкции модули.

При эксплуатации серийной продукции, например, авиационной техники, особенно важно соответствие эксплуатационной документации (ЭД) самому изделию (конструктивные особенности, управление системами, ограничения и т.д.). Следует отметить, что качественно разработанная и управляемая ЭД значительно облегчает сопровождение эксплуатации изделий со стороны разработчика, позволяет сформировать эффективную систему логистической поддержки при эксплуатации изделия в рамках управления его жизненным циклом, а также осуществить точное планирование материально-технического обеспечения, временных и финансовых затрат на него.

Особую роль ЭД имеет при проектировании электрических двигателей летательных аппаратов и является важным компонентом в любой электроприводной системе. В целом ЭД должны обеспечить необходимую возможность применения самолета, которые основаны на следующих факторах: надежность; вес; удельная мощность; эффективность; особенности и сложность управления; сложность проектирования и изготовления; теплостойкость; размер; стоимость.

При выборе оптимальной электрической системы эти критерии часто конфликтуют. Компромисс достигается при соответствии конкретному требованию, например, для отказоустойчивых приводов, акцент делается на том, как достичь полного крутящего момента на всех скоростях и углах (например, пульсации крутящего момента), в то время как для топливных насосов он находится на среднем крутящем моменте насоса, который определяет требуемый крутящий момент или скорость.

Примерно одну треть от общего числа агрегатов летательного аппарата составляют устройства, имеющие в составе разнообразные по типу и мощности электрические машины. Основную их часть составляют электрические двигатели, кото-

рые используются в электромеханизмах, в топливоперекачивающих устройствах, гидроагрегатах и т.д.

К электрическим двигателям летательных аппаратов предъявляют особые требования (от стандартов, правил и набора кодов) к надежности и удельной мощности. В связи с этим должны быть выполнены следующие критерии:

- высокое соотношение крутящего момента к массе и крутящего момента к току;
- высокое значение фазовой индуктивности (для двигателей с постоянными магнитами);
- высокая эффективность во всем диапазоне скоростей.

Правильный подход к разработке конструкторской документации, ее кодированию и классификации позволяет ряду зарубежных компаний выпускать в короткие, сжатые сроки перспективные электродвигатели изделия, обладающие как технологической, так и конструктивной новизной.

Так, зарубежной промышленностью уже разрабатываются перспективные электрические машины мощностью 100–300 кВт для пилотируемых летательных аппаратов с удельной массой 0,18–0,25 кг/кВт. Например, в работах Chris Gerada [1] описываются стартер-генераторы с данными показателями (рис. 1). В работах Siemens [2] описываются электрический двигатель для аэрокосмического применения с удельной массой 0,18 кг/кВт (рис. 2). Аналогичные решения описываются в работах E. Ganev [3, 4] (рис. 3).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

При поставке изделий заказчикам как внутри России, так и в интересах иностранного заказчика, к документации, поставляемой с изделием, заказчиками и действующими стандартами, предъявляются различные требования к ее оформлению, построению и содержанию, которые необходимо учитывать на начальном этапе проектирования.

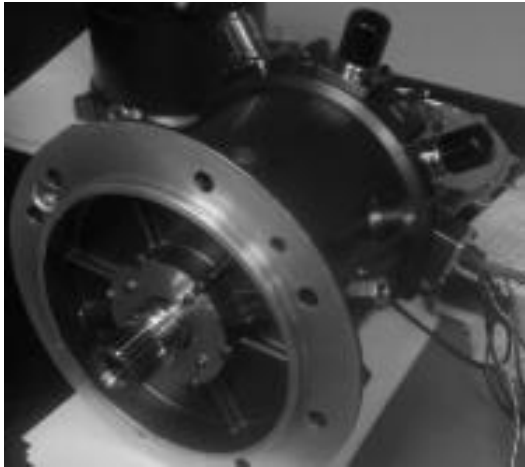


Рис. 1. Перспективный стартер-генератор

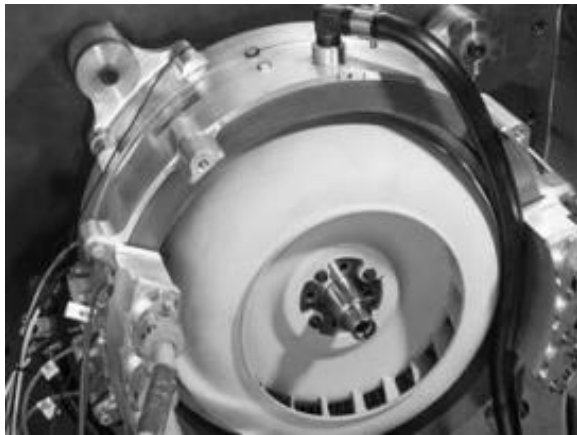


Рис. 2. Перспективный электродвигатель Siemens



Рис. 3. Перспективный электрогенератор NASA

При создании авиационной техники в РФ применяется система ГОСТ ЕСКД [5], регламентирующая, в том числе, вопросы создания ЭД. В мире по большинству направлений существуют свои стандарты (например, в Аэрокосмической отрасли используются группы спецификации S1000D [6], ATA, MIL-STD).

Большинство зарубежных стандартов и спецификаций в основном направлены на регулирование ЭД. Формы представления конструкторской документации для сертификации изделий в органах сертификации (EASA, FAA и т.д.) индивидуально разрабатываются и сертифицируются разработчиками и производителями изделий (например, сертификаты DOA, POA в EASA).

Мировой тенденцией в области разработки документации на изделия авиационной техники является деление изделия по функциональному признаку: система – подсистема – подподсистема и применение кодировки на основе стандартов S1000D/ATA.

Следует отдельно отметить, что российские (а в большинстве своем еще советские) стандарты ЭД и документы, созданные на их основе, адресованы специалисту с высшим образованием по эксплуатации авиационной техники с качественной общей и инженерной подготовкой, прошедшему, как правило, обучение в ВУЗе и имеющему квалификацию «инженер». Страны Азии, Африки и Южной Америки, имеющие перспективные рынки, в которых ведутся или планируются поставки авиационной техники, зачастую не обеспечивают в пунктах базирования и обслуживания техники наличие персонала необходимого уровня подготовки.

При поставке изделий с ЭД, разработанной по российским стандартам, возникает необходимость проведения адаптации документации и/или дополнительного обучения местного персонала.

При поставке за рубеж изделий авиационной техники, разработанных и сертифицированных в РФ по правилам АРМАК, необходимо полностью перерабатывать всю документацию в соответствии с международными спецификациями, что отрицательно влияет на конкурентоспособность такой продукции на мировом рынке, а также увеличивает сроки поставки изделий и/или документации на изделие и его компоненты.

Необходимо отметить, что рынки развивающихся стран весьма перспективны в части поставок авиационной техники, так, например, «Объем экспорта американской аэрокосмической продукции и вооружений по итогам 2016 г. составил 146 млрд дол-

ларов, ... при этом гражданская аэрокосмическая продукция доминирует в суммарном объеме экспортных продаж ..., тогда как продукция военного назначения составляет 15%» [7].

СЕРТИФИКАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Для сертификации изделий авиационной техники необходимо сертифицировать само изделие, разработчика, производителя и все этапы разработки и изготовления изделия по общемировым требованиям. Выполнение данных требований «вдогонку», т.е. создание ЭД и сертификация по мировым стандартам уже существующего изделия, как это было в 1990-е – начале 2000 гг. при попытке выхода авиационных предприятий РФ на мировой рынок, как правило, заканчивалось неудачно или значительно затягивалось, по сравнению с планируемыми контрактными сроками, что приводило к репутационным и финансовым потерям.

Для реализации данной концепции разработчику и изготовителю (поставщику) продукции необходимо разработать и обеспечить эффективное управление 2 комплектами технической документации на изделие:

- по ГОСТ для внутреннего пользования в пределах РФ и стран бывшего СССР, признающих данные стандарты;
- по мировым стандартам для остальных стран.

При этом процесс управления жизненным циклом изделия одновременно по двум типам стандартов ведет к неоправданным затратам трудоемкости (ставящим под вопрос экономическую целесообразность проекта в целом), а фактически невозможен из-за отсутствия возможности эффективного управления таким массивом данных без синхронизации и сопоставления отдельных документов. Кодификация по спецификациям ATA/S1000D систем, подсистем, подподсистем и кодификация по ЕСКД класса, подкласса, группы, подгруппы и вида существенно отличаются.

Все изложенное показывает насущную необходимость постановки задачи и комплексного подхода к созданию ЭД уже на

стадии проектирования высокотехнологичной техники.

Важно отметить, что самолеты, разработанные и разрабатываемые в РФ такими компаниями, как ПАО «Корпорация «Иркут», АО «ГСС», ПАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева», получили или получают сертификаты разработчика и производителя в EASA (также и сертификат типа по EASA для конкретного типа самолета).

ЭД на самолеты «SukhoiSuperjet», «МС-21» выполнена в стандартах ATA/S1000D. В дополнение и уточнение требований ГОСТ разработка конструкторской документации регламентируется во внутренних стандартах соответствующих предприятий. Внутренние стандарты зачастую имеют существенные отличия как от ГОСТ РФ, так и сильно отличаются друг от друга. Все это усложняет производственную кооперацию, взаимодействие с поставщиками, контрагентами и т.д.

СОЗДАНИЕ НОВОЙ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В данной статье рассматривается целесообразность создания единой системы кодирования изделий авиационной техники с целью обеспечения возможности эффективного управления жизненным циклом изделий, в том числе создание одного комплекта документации для сертификации как в РФ (ГОСТ), так и за пределами РФ (сертификация по EASA, FAA и т.д.), с учетом требований мировых стандартов.

На начальном этапе разработки (на стадии эскизного проекта) принимается решение о делении изделия на составляющие части. Наиболее рациональным подходом является функционально-физическое деление изделия [8], при котором верхние уровни деления формируются по функциональному признаку (система / подсистема / подподсистема), а дальнейшее деление – по физическому (агрегат / узел). Схему деления утверждает главный конструктор проекта (главный конструктор ОКР либо СЧ ОКР, главный конструктор разрабатываемого изделия).

Далее определяется глубина деления по уровню изделия: система – подсистема – подподсистема.

При дальнейшей проработке эскизного проекта и в ходе опытно-конструкторских работ происходит окончательное деление подподсистем на агрегаты, сборочные единицы, детали. Подробная схема деления разрабатывается инженерным составом по своим направлениям и утверждается главным конструктором. Это позволяет на ранних стадиях определить логистическую структуру изделия и разработать систему кодификации.

Таким образом, при использовании функционально-физической схемы деления и присвоения обозначения элементам изделия согласно этой схеме можно отслеживать элементы и их изменения на протяжении всего жизненного цикла изделия во всех видах документации (конструкторской, технологической, эксплуатационной).

За основу системы кодификации изделия (самолета) целесообразно принять стандартную систему нумерации, предлагаемую стандартом S1000D версии 4.1. Стандартная система нумерации предлагает деление изделия на системы по функциональному признаку, а также определяет цифровое/буквенное обозначение основных систем изделия. Выбор спецификации S1000D основан на том, что на сегодняшний день данная спецификация отвечает всем международным требованиям, а также предлагает систему нумерации, позволяющую кодифицировать системы большинства изделий авиационной техники. В основе ГОСТ 18675-2012 [9] «Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее» лежит спецификация S1000D версии 3.0, при этом предложенная в ГОСТ система кодирования имеет отличия от стандартной системы нумерации по S1000D.

Тем не менее, на сегодняшний день ряд предприятий для создания ЭД до сих пор используют ГОСТ 18675-79 [10], в основе которого лежит кардинально иной подход к обозначению изделия (ЕСКД).

Таким образом, в РФ существует два различных подхода к разработке ЭД.

При этом, ГОСТ 18675-79 и ГОСТ 18675-2012 в полной мере не соответствуют современным мировым стандартам по разработке ЭД и кодированию изделия и его систем. В то же время требованиями международных стандартов ISO 9001-2015 [11], ГОСТ Р ИСО 10001-2009 [12] предусмотрено повышение удовлетворенности потребителя. В это понятие включается оперативность обработки запросов потребителя. Поэтому при разработке схемы деления изделия и кодификации его элементов необходимо использовать стандартную систему нумерации S1000D.

Такой подход, по мнению авторов, создаст условия для эффективного управления жизненным циклом высокотехнологичной продукции авиационного назначения, позволит повысить конкурентоспособность такой продукции и упростить ее выход на мировой рынок.

Известно, что значительная доля выручки и прибыли мировых производителей авиатехники основана на поставках запасных частей и комплектующих изделий. В настоящее время в РФ управление жизненным циклом изделий и логистическая поддержка в процессе эксплуатации сложной авиационной техники не является широко распространенным или хорошо отработанным процессом.

В связи с этим, по мнению авторов, применение описанного подхода к делению и кодификации изделия упростит процесс разработки технической документации на изделие, понимание этой документации и самого изделия потребителем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения возможности эффективного управления жизненным циклом изделий, в частности, создания одного комплекта документации для сертификации как в РФ, так и за рубежом была показана возможность и целесообразность создания единой системы кодирования изделий авиационной техники.

Предложено использование функционально-физической схемы деления и присвоения обозначения элементам изделия, при этом можно отслеживать элементы и их

изменения на протяжении всего жизненного цикла изделия во всех видах документации (конструкторской, технологической, эксплуатационной).

Таким образом, предлагаемый подход позволит упростить процесс разработки технической документации на изделие, а также понимание этой документации и самого изделия потребителем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Borg Bartolo J., Degano M., Espina J., Gerada C.** Design and Initial Testing of a High-Speed 45-kW Switched Reluctance Drive for Aerospace Application // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2016. Vol. 64 (2), 7592921. P. 988-997. [J. Borg Bartolo, M. Degano, J. Espina, C. Gerada, "Design and Initial Testing of a High-Speed 45-kW Switched Reluctance Drive for Aerospace Application," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 64 (2), 7592921, pp. 988-997, 2016.]
2. **Siemens.** Transformative Vertical Flight Workshop – 08/03/2015. Electric propulsion components with high power densities for aviation [Электронный ресурс] URL: [https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/Korb inian-TVFW-Aug2015.pdf](https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/Korb%20in%20ian-TVFW-Aug2015.pdf) (дата обращения: 10.09.2017). [Siemens. *Transformative Vertical Flight Workshop – 08/03/2015. Electric propulsion components with high power densities for aviation (2017, Sep. 10)* [Online]. Available: [https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/Korb inian-TVFW-Aug2015.pdf](https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/Korb%20in%20ian-TVFW-Aug2015.pdf)]
3. **Ganev E.** High-Performance Electric Drives for Aerospace More Electric Architectures // *IEEE Power Engineering Society Meeting, Tampa, 2007*, 10290323, pp. 1-8. [E. Ganev, "High-Performance Electric Drives for Aerospace More Electric Architectures," in *IEEE Power Engineering Society Meeting, Tampa, 10290323*, pp. 1-8, 2007.]
4. **Ganev E.** Selecting the Best Electric Machines for Electrical Power Generation Systems // *IEEE Electrification Magazine*. 2014. Vol. 2 (4). 14915346. P. 13–22. [E. Ganev, "Selecting the Best Electric Machines for Electrical Power Generation Systems," in *IEEE Electrification Magazine*, vol. 2 (4), 14915346, pp. 13–22, 2014.]
5. **ГОСТ 2.601-2013.** Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы. Введен взамен ГОСТ 2.601-2006. М.: Стандартиформ, 2014. 35 с. [*Unified system of design documentation (ESKD). Operational documents. Introduced instead of GOST 2.601-2006*, (in Russian), Federal standard 2.601-2013, М.: Standartinform, 2014.]
6. **АС 1.1.S1000DR-2014.** Авиационный справочник. Международная спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных. Введен взамен АС 1.1.S1000DR-2007. – М.: ФГУП «НИИСУ», 2014 – 4046 с. [*The aviation reference book. International specification for technical publications carried out based on a common database. Introduced instead of AC 1.1.S1000DR-2007*, (in Russian). AC 1.1.S1000DR-2014, М.: FGUP «NIISU», 2014.]
7. **Зарубежное** военное обозрение. 2017, № 3, С. 88. [*Foreign military review*, (in Russian), № 3, pp. 88, 2017.]
8. **АС 1.1.S3000LR-2013.** Авиационный справочник. Международная процедурная спецификация по анализу логистической поддержки (АЛП). М.: ФГУП «НИИСУ», 2013. 800 с. [*The aviation reference book. International technological specification for the analysis of logistics support (ALP)* (in Russian). AC 1.1.S3000LR-2013, М.: FGUP «NIISU», 2013.]
9. **ГОСТ 18675-2012.** Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее. М.: Стандартиформ, 2013. 485 с. [*The operational and repair documentation for aviation equipment and purchased products for it. Introduced for the first time*, (in Russian), Federal standard 18675-2012, М.: Standartinform, 2013.]
10. **ГОСТ 18675-79.** Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее. Введен взамен ГОСТ 18675-73. М.: Изд-во стандартов, 1981. 39 с. [*The operational and repair documentation for aviation equipment and purchased products for it* (in Russian). Federal standard 18675-79, М.: Publishing house of standards, 2013.]
11. **ГОСТ Р ИСО 9001-2015.** Системы менеджмента качества. Требования. Введен впервые. – М.: Стандартиформ, 2015. – 32 с. [*Quality management systems. Requirements*, (in Russian). Federal standard R ISO 9001-2015, М.: Standartinform, 2015.]
12. **ГОСТ Р ИСО 10001-2009.** Менеджмент организации. Удовлетворенность потребителя. Руководство по управлению претензиями в организациях. М.: Стандартиформ, 2010. 21 с. [*Organisation Management. Satisfaction of the consumer. Management Guide for Claims in Organizations*. (in Russian). Federal standard R ISO 10001-2009. М.: Standartinform, 2013.]

ОБ АВТОРАХ

ГАВЗОВ Алексей Сергеевич, начальник отдела подготовки сопровождения контрактов по ВТС АО «Центр судоремонта «Звездочка». Дипл. морского инженера (Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2005).

ЗАЙКИНА Наталия Евгеньевна, инженер отдела разработки документации НТЦ АКС ОАО «РТИ». Дипл. лингвиста-переводчика (Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2012). Дипл. инженера-экономиста (Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2012).

КАЛИЙ Валерий Алексеевич, канд. техн. наук, главный конструктор ОКБ АО «УАПО». Дипл. инженера-электрика (Киевское Высшее Военное Авиационное Инженерное Училище, 1994).

КУШЕВ Кирилл Александрович, начальник отдела разработки документации НТЦ АКС ОАО «РТИ». Дипл. инженера (Архангельский Государственный Технический Университет, 2007).

САВЧЕНКО Михаил Сергеевич, аспирант АО «Корпорация ВНИИЭМ». Дипл. инженера (Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2004). Дипл. морского инженера (Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2011).

METADATA

Title: Modern development problems of technical and operational documentation on aviation technics within the framework of management of the product life cycle.

Authors: A. S. Gavzov¹, N. Ye. Zaykina², V. A. Kaliy³, K. A. Kushev⁴, M. S. Savchenko⁵

Affiliation:

¹ Zvezdochka, Russia.

^{2,4} Scientific and technical center of the aerospace systems of JSC «RTI», Russia.

³ Ufa Aggregate Production Association, Russia.

⁵ Korporatsiya VNIEM, Russia.

Email: ¹ alexgavzov@mail.ru, ^{2,4} jkus@ya.ru,

³ kalijva@technodinamika.ru, ⁵ savchenkomik@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 21, no. 4 (78), pp. 97-103, 2017. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: To design technically complex systems, it becomes necessary to create operational and technical documentation. There are foreign standards aimed to regulation operational documentation. For the supply of aviation equipment products developed and certified in the Russian Federation, it is necessary to process all the documentation in accordance with international specifications, which adversely affects the competitiveness of such products on the world market. This article considers the possibility and feasibility of a single system creation for coding products, including the creation of one set of documentation for certification both in Russia and abroad.

Key words: assembly; design; documentation; product; system; life cycle; coding; operation; aviation technology.

About authors:

GAVZOV, Aleksey Sergeevich, Head of the Department for Training Contract Support for the Military Technical Cooperation of JSC "Zvezdochka". Dipl. Marine Engineer (St. Petersburg State Maritime Technical University, 2005).

ZAYKINA, Nataliya Yevgen'yevna, Engineer of the documentation development department of the Scientific and Technical Center of AKS of RTI. Dipl. Linguist-interpreter (Moscow Aviation Institute (National Research University), 2012). Dipl. Engineer-economist (Moscow Aviation Institute (National Research University), 2012).

KALIY, Valeriy Alekseyevich, Ph.D., Director, Chief Designer of OKB JSC «Ufa Aggregate Production Association». Dipl. Engineer (Kiev Higher Military Aviation Engineering Univ, 1994).

KUSHEV, Kirill Aleksandrovich, Head of Documentation Development Department, Scientific and Technical Center of AKS OJSC RTI. Diploma. Engineer (Arkhangelsk State Technical University, 2007).

SAVCHENKO, Mikhail Sergeevich, graduate student of VNIEM Corporation. Dipl. Engineer (St. Petersburg State Maritime Technical University, 2004). Dipl. Marine Engineer (St. Petersburg State Maritime Technical University, 2011).