doi: 10.32620/oikit.2020.90.05

УДК 629.7.002:621.762

Wang Bo*, С. А. Бычков, А. В. Гайдачук*,
А. В. Андреев, М. Н. Журибеда,

Классификационный аспект метрологического обеспечения авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов

**Технологический университет г. Нинбо, КНР
Государственное предприятие «АНТОНОВ», Украина*

Проведен анализ классификационного аспекта метрологического обеспечения авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов.

Показано, что эффективность рассматриваемых объектов определяется их конкурентоспособностью на мировом рынке продаж и услуг. Одной из важных составляющих многоаспектной эффективности применения полимерных композиционных материалов в воздушных судах транспортной категории является метрологическое обеспечение на всех этапах создания композитных конструкций.

Отмечено, что основными целями квалиметрии авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов является обеспечение единства и точности измерений, высокого качества и надежности продукции, безопасности ее эксплуатации, а также сокращение производственного цикла, снижение стоимости.

Достижение целей метрологического обеспечения и стоящих перед ним задач формируется на основе классификационного подхода к анализу основных этапов жизненного цикла композитных конструкций, включающих анализ эффективности авиаконструкций из полимерных композиционных материалов, составляющие этапов их проектирования и производства, а также испытаний, эксплуатации, утилизации и прогнозирования перспектив улучшения качества изделий из полимерных композиционных материалов.

Предложен классификатор этапов жизненного цикла воздушных судов транспортной категории из полимерных композиционных материалов, проведена его декомпозиция верхнего уровня, включающая состав видов, классов, подклассов, групп, подгрупп и выполнен их анализ. В предложенном классификаторе, начиная с подклассов, предусмотрены резервные блоки, необходимость использования которых может возникнуть при последующем анализе каждого этапа.

Предложенный классификационный подход к метрологическому обеспечению композитных конструкций и его дальнейшее развитие на всех основных этапах жизненного цикла, является одной из важнейших составляющих реализации высокого уровня конкурентоспособности отечественных воздушных судов транспортной категории на мировом рынке продаж и услуг.

Ключевые слова: авиаконструкции, полимерные композиционные материалы, классификатор этапов жизненного цикла воздушного судна, метрологическое обеспечение авиационных конструкций.

Известно, что эффективность создания воздушного судна транспортной категории (ВС ТК), как и других объектов техники, определяется, в конечном счете, его конкурентоспособностью на мировом рынке продаж и услуг. Именно конкурентоспособность является целью реализации успешного проекта нового самолета или его модификации, гарантируя прибыль от всех затрат, связанных с проектированием, производством и испытаниями ВС ТК [1–3].

Конкурентоспособность зависит от реализации многих факторов, являясь сложным многоаспектным понятием.

Однако в числе этих факторов немаловажную роль играют конструкцион-

ные материалы, используемые при создании ВС ТК.

Мировая практика и опыт однозначно подтвердили, что в совершенствовании ВС ТК едва ли не определяющую роль играют полимерные композиционные материалы (ПКМ), объем применения которых непрерывно растет [4–7]. Это позволяет выделить авиаконструкции из ПКМ как вид объектов, у которых проявляется ряд специфических особенностей на основных этапах жизненного цикла самолета (проектирования, производства, испытания, эксплуатации и утилизации). Такой вид объектов можно рассматривать как самостоятельный предмет исследования, для которого в дальнейшем необходимо разработать критерии конкурентоспособности на всех указанных этапах жизненного цикла.

В связи с ростом применения ПКМ в гражданских самолетах, в особенности в их силовых агрегатах (крыле, фюзеляже, оперении) весьма актуальной является проблема метрологического научного обеспечения создания композитных конструкций, основными целями которого являются:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений, достоверности и эффективности контроля;
- обеспечение высокого качества продукции, сокращение сроков и стоимости научных исследований и экспериментов, разработки, производства, испытаний и эксплуатации изделий, повышение эффективности управления производством;
- достижение требуемой степени готовности и высокой эффективности средств измерений, обеспечение их метрологической надежности;
- сокращение номенклатуры применяемых в отрасли средств измерений и поверки, снижение трудоемкости контрольно-измерительных операций;
- повышение эффективности мероприятий по обеспечению безопасности условий труда;
- обеспечение охраны окружающей среды.

Основными задачами метрологического обеспечения является определение главных направлений его развития и путей наиболее эффективного использования научных и технических достижений в этой области, а также его программное планирование, взаимосвязанное с совершенствованием выпускаемых изделий и развитием производства [8].

В соответствии с изложенным выше концептуальным подходом к синтезу классификации этапов жизненного цикла авиаконструкций из ПКМ можно выделить семь видов категории «Этапы жизненного цикла авиаконструкций из ПКМ». На рис. 1 показаны интегральные этапы проектирования и производства конструкций из ПКМ, а на рис. 2 – эти же этапы с их составляющими.

Первый вид «Эффективность исходного этапа жизненного цикла авиаконструкций из ПКМ» включает в себя информацию о конструкционных материалах, необходимую уже на третьем иерархическом уровне, соответствующем первой стадии внутреннего проектирования самолета [9–11], на которой происходит определение его облика и проектных параметров, удовлетворяющих заданным требованиям. На этой стадии практически осуществляется вычленение из планера самолета агрегатов и узлов, проектируемых и изготавливаемых впоследствии из ПКМ, т.е. выполняется декомпозиция авиаконструкций из ПКМ.

Анализ структуры самолета и иерархии задач проектирования позволяет обоснованно подойти к проблеме декомпозиции самолета на подсистемы, а процесса его проектирования – на ряд взаимосвязанных задач. Методология

системного проектирования базируется на следующих основных положениях об оптимальности систем [9]:

1. В общем случае система, состоящая из оптимальных элементов (подсистем), не обязательно будет оптимальной. Она должна оптимизироваться в целом как единый объект с заданным целевым назначением. Это, однако, не означает, что оптимизация по частям вообще не имеет смысла.

2. Система должна оптимизироваться по количественно определенному и единственному критерию, отражающему в математической форме цель оптимизации. Отсутствие такого критерия, как правило, свидетельствует о нечетком понимании разработчиком стоящей перед ним задачи.

3. Поскольку система оптимизируется в условиях количественно определенных ограничений на оптимизируемые параметры, ее оптимальность всегда относительна, условна.

Рис. 1. Верхний уровень декомпозиции классификатора категории «Этапы жизненного цикла авиаконструкций из ПКМ» (виды)

В этих условиях весьма важной проблемой является выбор системы критериев, позволяющих для каждого рассматриваемого уровня проектных задач и элементов подсистемы выбирать такие параметры и характеристики, которые бы обеспечивали высокую эффективность системы в целом. При этом необходимо руководствоваться принципом оптимальности – если объекты элементов и подсистем всех уровней оптимальны по критериям, соответствующим системам более высокого уровня, то вся система оптимальна. Это означает, что хотя каждой стадии проектирования и каждой подсистеме авиационного комплекса

либо самолета может соответствовать свой критерий оценки, все они должны быть непротиворечивы, отвечая общим целям авиационного комплекса.

Рис. 2. Схема формирования комплексного критерия эффективного применения ПКМ в конструкциях гражданских самолетов в среде производственно-технологического и научного сопровождения

Приведем основные правила выбора критериев с учетом особенностей связей [10].

Правило 1. При выборе оптимальных параметров определенного объекта с фиксированными функциональными связями необходимо, чтобы критерии, используемые в случае оптимизации его элементов и подсистем, являлись показателями качества соответствующих систем более высокого уровня.

Правило 2. В случае оптимизации параметров объектов, имеющих прямые функциональные связи, необходимо, чтобы эти объекты были оптимальны по критерию оценки системы, функции которой они выполняют.

Правило 3. При выборе оптимальных параметров объекта, определяющих иерархические функциональные связи, в качестве критерия следует принимать показатель качества системы высшего уровня, ограничивающий влияние этих параметров.

Под функциональными связями здесь понимаются такие, которые определяют возможность выполнения системой своих функций.

Декомпозиция первого вида в соответствии с правилами вспомогательных классификаций по классам, подклассам, группам и подгруппам показана на рис. 3.

Здесь, начиная с подклассов, предусмотрены резервные блоки, которые могут возникнуть при последующем анализе этого этапа. Следует подчеркнуть, что под исходным этапом жизненного цикла авиаконструкций из ПКМ следует понимать этап, соответствующий по объему и уровню информации периоду реализации данного классификатора, т.е. информативность этого этапа перманентно возрастает.

Как известно, уровень качества изделий вообще и авиаконструкций из ПКМ в частности предопределяется прежде всего их параметрами, вычисляемыми и измеряемыми методами, средствами их реализации и контроля квалитметрии и метрологии, а дальнейшее повышение качества обеспечивается разработанными на основе этих классификационных показателей рекомендательными документами, гарантирующими использование показателей квалитметрии и метрологии.

Для рассматриваемого вида выделено восемь классов, характеризующих различные аспекты анализа эффективности конструкций из ПКМ в сравнении с другими конструкционными материалами.

Под весовой эффективностью понимают отношение плотности анализируемого ПКМ к плотности базового (сравниваемого) конструкционного материала. Этот показатель является предварительной условной характеристикой эффективности, используемой для первоначальной оценки конструкционных материалов.

Следующий класс, оценивающий сравнительные удельные характеристики несущей способности ПКМ (статическую, динамическую, усталостную прочность и жесткость, отнесенные к его плотности) относительно идентичных характеристик сравниваемого конструкционного материала, является количественным удельным показателем эффективности ПКМ.

Последующие классы, характеризующие относительные уровни тепловых, акустических, электрических, деструкционных, радиационных свойств и токсичности ПКМ, используются выборочно для оценки качества того или иного типа ПКМ в зависимости от вида и назначения конструкции (условия ее эксплуатации).

Рис. 3. Декомпозиция классификатора вида «Анализ эффективности авиаконструкций из ПКМ»

Рис. 3. Окончание

Показатели качества этих составляющих [11–12] формируются в виде прямого или обратного отношения ПКМ к сравниваемому материалу с соответ-

ствующими коэффициентами значимости, изменяющимися от нуля до единицы по экспертным оценкам [13–14].

Последний класс характеризует экономическую эффективность применения ПКМ в ВС ТК.

В предлагаемом классификаторе предусмотрено четыре подкласса рассматриваемой категории:

- сбор информации о свойствах и характеристиках ПКМ, приводимых в ряде справочников, например, [15–18], многочисленных статьях отечественных и зарубежных авторитетных изданий, а также имеющейся в базе данных информации о предприятиях-разработчиках конструкций ВС из ПКМ;

- анализ собранной информации на основе ее экспертной оценки;

- синтез анализируемых источников информации на основе заключения компетентной группы экспертов, формируемой в соответствии с существующими методами [13–14];

- контроль качества синтезируемой информации авторитетными службами предприятия-разработчика конструкций ВС из ПКМ и принятие решения об уровне ее достоверности и полноты.

В классификаторе предусмотрено четыре группы, содержащие соответствующие методы сбора, анализа, синтеза и контроля информации о свойствах ПКМ, формируемых классами предложенного классификатора.

Замыкающим уровнем классификатора являются четыре подгруппы, содержащие соответствующие средства обеспечения методов сбора, анализа, синтеза и контроля информации, формируемой в группах классификатора. Начиная с классов рассматриваемого вида предусмотрены резервные блоки, необходимость в которых может возникнуть в результате апробирования вида «Анализ эффективности авиаконструкций из ПКМ».

Выводы

1. Проведен анализ классификационного аспекта метрологического обеспечения авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов.

2. Показано, что эффективность рассматриваемых объектов предопределяется их конкурентоспособностью на мировом рынке продаж и услуг. Одной из важных составляющих многоаспектной эффективности применения ПКМ в ВС ТК является метрологическое обеспечение на всех этапах создания композитных конструкций.

3. Отмечено, что основными целями квалиметрии композитных авиаконструкций является обеспечение единства и точности измерений, высокого качества и надежности продукции, безопасность ее эксплуатации, а также сокращение производственного цикла, снижение стоимости.

4. Достижение целей метрологического обеспечения и стоящих перед ним задач формируется на основе классификационного подхода к анализу основных этапов жизненного цикла композитных конструкций, включающих анализ эффективности авиаконструкций из ПКМ, составляющие этапов их проектирования и производства, а также испытаний, эксплуатации, утилизации и прогнозирования перспектив повышения качества изделий из ПКМ.

5. Предложен классификатор этапов жизненного цикла ВС ТК из ПКМ, проведена его декомпозиция верхнего уровня, включающая состав видов, классов, подклассов, групп и подгрупп и выполнен их анализ.

6. Предложенный классификационный подход к метрологическому обеспечению композитных конструкций и его дальнейшее развитие на все основные этапы их жизненного цикла, является одной из важнейших составляющих реализации высокого уровня конкурентоспособности отечественных ВС ТК на мировом рынке продаж и услуг.

Список литературы

1. Кривов, Г. А. Производство пассажирских и транспортных самолетов в 1998 – 2000 гг. / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, А. А. Щербак. – Киев: Техника, 2001. – 148 с.
2. Кривов, Г. А. Мировая авиация на рубеже XX-XXI столетий. Промышленность, рынки / Г. А. Кривов, В. А. Матвиенко, Л. Ф. Афанасьева. – Киев: КВИЦ, 2003. – 295 с.
3. Всеобщее управление качеством / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 451 с.
4. Балабуев, П. В. Опыт применения композиционных материалов в транспортной авиации / П. В. Балабуев // Авиационная промышленность. – 1986. – № 9. – С. 9–14.
5. Бычков, С. А. Решение проблемы создания авиаконструкций из полимерных композиционных материалов на АНТК «Антонов» / С. А. Бычков, В. Г. Бондарь, В. Н. Король // Авиационно-космическая техника и технология. – 2003. – № 5 (40). – С. 34–37.
6. Андреев, А. В. Современные конструктивно-технологические решения агрегатов авиаконструкций из полимерных композиционных материалов и их реализация на предприятии Stelia Aerospace / А. В. Андреев, Я. О. Головченко, А. А. Коцюба // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. трудов Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т». – Харьков, 2015. – Вып. 4. (84). – С. 95–104.
7. Бычков, С. А., Состояние и проблемы применения новых конструкционных материалов в отечественных гражданских самолетах в современных условиях. Сообщение 2. Полимерные композиты в отечественных самолетах в современных условиях (1995 – 2015 гг.): Первопричины и закономерности внедрения / С. А. Бычков, А. А. Коцюба // Авиационно-космическая техника и технология. – 2016. – № 6 (133). – С. 4–14.
8. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация, сертификация : учебник для вузов / Ю. В. Димов. – СПб: Питер, 2010. – 404 с.
9. Егер, С. М. Проектирование самолетов : учебник для вузов / С. М. Егер, В. Ф. Мишин, И. К. Лисейцов ; под ред. С. М. Егера. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
10. Кива, Д. С. Научные основы интегрированного проектирования самолетов транспортной категории: монография / Д. С. Кива, А. Г. Гребеников. – Харьков: ХАИ, 2014. – 439 с.
11. Качество и сертификация промышленной продукции: учеб. пособие / А. Г. Гребеников [и др.]. – Харьков: ХАИ, 1988. – 396 с.
12. Коцюба, А. А. Формирование составляющих комплексного критерия эффективности проектирования агрегатов гражданских самолетов из полимерных композиционных материалов / А. А. Коцюба // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм.

ун-та им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т». – Харьков, 2016. – Вып. 4 (88). – С. 22–36.

13. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

14. Эддоус, М. Методы принятия решений / М. Эддоус, Р. Стэнсфилд ; пер. с англ. И. И. Елисеевой. – М.: Аудит, 1997. – 590 с.

15. Baker, A. Composite Materials for Airframe Structures / A. Baker, S. Dutton, D. Kelly. – Virginia: American Institute for Aeronautics and Astronautics Ins., Reston, – 2004. – 599 p.

16. Композиционные материалы. Справочник / под ред. Д. М. Карпиноса. – Киев: Наукова думка, 1985. – 592 с.

17. Композиционные материалы. Справочник / под общ. ред. В. В. Васильева и Ю. М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.

18. Михайлин, Ю. А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008. – 822 с.

References

1. Krivov G. A., Matvienko V. A., Shherbak A. A. Proizvodstvo passazhirskih i transportnyh samoletov v 1998 – 2000 gg. [Production of passenger and transport aircraft in 1998 - 2000]. – Kyiv: Tehnika Publ. 2001. – 148 p.

2. Krivov G. A., Matvienko V. A., Afanas'eva L. F. Mirovaja aviacija na rubezhe HH-HHI stoletij. Promyshlennost', rynki [World aviation at the turn of the XX-XXI centuries. Industry, markets]. – Kyiv: KVIC Publ. 2003. – 295 p.

3. Gludkin O. P., Gurov A. I., Zorin Ju. V., Gorbunov N. M. Vseobshhee upravlenie kachestvom [Universal quality management]. – Moscow: Laboratorija bazovyh znaniy Publ. 2001. – 451 p.

4. Balabuev P. V. Opyt primeneniya kompozicionnyh materialov v transportnoj aviacii [Experience in the use of composite materials in transport aircraft]. *Aviacionnaja promyshlennost'*. – Moscow: NIAT Publ. 1986, no. 9. pp. 9–14.

5. Bychkov S. A., Bondar' V. G., Korol' V. N. Reshenie problemy sozdaniya aviakonstrukcij iz polimernyh kompozicionnyh materialov na ANTK «Antonov» [Solving the problem of creating aircraft structures from poly-dimensional composite materials on «Antonov»]. *Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija*. – Kharkov: KhAI Publ. 2003, no. 5 (40). pp. 34–37.

6. Andreev A. V., Golovchenko Ja. O., Kocjuba A. A. Sovremennye konstruktivno-tehnologicheskie reshenija agregatov aviakonstrukcij iz polimernyh kompozicionnyh materialov i ih realizacija na predpriyatii Stelia Aerospace [Modern constructive-technological solutions of aircraft structures from polymer composite materials and their implementation at the enterprise STELIA AEROSPACE]. *Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: sb. nauch. trudov Nac. ajerokosm. un-ta im. N. E. Zhukovskogo «Har'kov. aviac. in-t»*. – Kharkov: KhAI Publ. 2015, no. 4. (84). pp. 95–104.

7. Bychkov S. A., Kocjuba A. A. Sostojanie i problemy primeneniya novyh konstrukcionnyh materialov v otechestvennyh grazhdanskih samoletah v sovremennyh uslovijah. Soobshhenie 2. Polimernye kompozity v otechestvennyh samoletah v sovremennyh uslovijah (1995 – 2015 gg.): Pervoprichiny i zakonomernosti vnedrenija [Condition and problems of applying new construction materials in domestic civil aircraft in modern conditions. Message 2. Polymer composites in domestic aircraft in modern conditions (1995-2015): root causes and patterns of implementation]. *Avi-*

acionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija. – Kharkov: KhAI Publ. 2016, no. 6 (133). pp. 4–14.

8. Dimov Ju. V. Metrologija, standartizacija, sertifikacija : uchebnik dlja vuzov [Metrology, Standardization, Certification: Textbook for universities]. – Sankt-Peterburg: Piter Publ. 2010. – 404 p.

9. Eger S. M., Mishin V. M., Lisejcov I. K. Proektirovanie samoletov [Plane Design]: uchebnik dlja vuzov ; pod red. S. M. Egera. – Moscow: Mashinostroenie Publ. 1983. – 616 p.

10. Kiva D. S., Grebenikov A. G. Nauchnye osnovy integrirovannogo proektirovanija samoletov transportnoj kategorii [Scientific foundations of integrated design of transport aircraft]. Monografija. – Kharkov: KhAI, Publ. 2014. – 439 p.

11. A. G. Grebenikov [i dr.]. Kachestvo i sertifikacija promyshlennoj produkcii [Quality and certification of industrial products: studies]: ucheb. posobie. – Kharkov: KhAI Publ. 1988. – 396 p.

12. Kocjuba A. A. Formirovanie sostavljajushhih kompleksnogo kriterija jeffektivnosti proektirovanija agregatov grazhdanskih samoletov iz polimernyh kompozicionnyh materialov [Formation of components of a comprehensive criterion for the design of the design of civil aircraft aggregates from polymer composite materials]. *Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: sb. nauch. tr. Nac. ajerokosm. un-ta im. N. E. «Har'kov. aviac. in-t»*. – Kharkov: KhAI Publ. 2016. no. 4 (88). pp. 22–36.

13. Beshelev S. D., Gurvich F.G. Matematiko-statisticheskie metody jekspertnyh ocenok [Mathematical and statistical methods of expert estimates]. – Moscow: Statistika Publ. 1980. – 263 p.

14. Jeddous M., Stjensfild R. Metody prinjatija reshenij [Methods of decision making]; per. s angl. chlen-korr. RAN I. I. Eliseevoj. – Moscow: Audit Publ. 1997. – 590 p.

15. Baker A., Dutton S., Kelly D. Composite Materials for Airframe Structures. – Virginia: American Institute for Aeronautics and Astronautics Ins., Reston Publ. 2004. – 599 p.

16. Kompozicionnye materialy. Spravochnik [Composite materials. Directory]; pod red. d.t.n. D. M. Karpinosa. – Kyiv: Naukova dumka Publ. 1985. – 592 p.

17. Kompozicionnye materialy. Spravochnik [Composite materials. Directory]; pod obshh. red. V. V. Vasil'eva i Ju. M. Tarnopol'skogo. – Moscow: Mashinostroenie Publ. 1990. – 512 p.

18. Mihajlin Ju. A. Konstrukcionnye polimernye kompozicionnye materialy [Construction polymer composite materials]. – Sankt-Peterburg: Nauchnye osnovy i tehnologii Publ. 2008. – 822 p.

Поступила в редакцию 12.12.2020, рассмотрена на редколлегии 12.12.2020

Класифікаційний аспект метрологічного забезпечення авіаційних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів

Проведено аналіз класифікаційного аспекту метрологічного забезпечення авіаційних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів.

Показано, що ефективність розглянутих об'єктів зумовлюється їх конкурентоспроможністю на світовому ринку продажів і послуг. Однією з важливих

складових багатоаспектної ефективності застосування полімерних композиційних матеріалів у повітряних суднах транспортної категорії є метрологічне забезпечення на всіх етапах створення композитних конструкцій.

Визначено, що основними цілями кваліметрії авіаційних конструкцій з полімерних композиційних матеріалів є забезпечення єдності і точності вимірювань, високої якості і надійності продукції, безпеки її експлуатації, а також скорочення виробничого циклу, зниження вартості.

Досягнення цілей метрологічного забезпечення і завдань, які нею формуються на основі класифікаційного підходу до аналізу основних етапів життєвого циклу композитних конструкцій, що містять аналіз ефективності авіаконструкцій з полімерних композиційних матеріалів, складові етапів їх проектування і виробництва, а також випробувань, експлуатації, утилізації та прогнозування перспектив поліпшення якості виробів з полімерних композиційних матеріалів.

Запропоновано класифікатор етапів життєвого циклу повітряних суден транспортної категорії з полімерних композиційних матеріалів, проведено його декомпозицію верхнього рівня, що містить склад видів, класів, підкласів, груп, підгруп і виконано їх аналіз. У запропонованому класифікаторі, починаючи з підкласів, передбачено резервні блоки, необхідність використання яких може виникнути при подальшому аналізі кожного етапу.

Запропонований класифікаційний підхід до метрологічного забезпечення композитних конструкцій і його подальший розвиток на всіх основних етапах життєвого циклу, є однією з найважливіших складових реалізації високого рівня конкурентоспроможності вітчизняних повітряних суден транспортної категорії на світовому ринку продажів і послуг.

Ключові слова: авіаконструкцій, полімерні композиційні матеріали, класифікатор етапів життєвого циклу повітряного судна, метрологічне забезпечення авіаційних конструкцій.

Classification aspect of metrological support of aviation structures from polymer composite materials

An analysis of the classification aspect of metrological support of aviation structures from polymer composite materials was carried out.

It is shown that the effectiveness of the objects under consideration is predetermined by their competitiveness in the global market for sales and services. One of the important components of the multidimensional efficiency of the use of polymer composite materials in the aircraft of the transport category is metrological support at all stages of creating composite structures.

It was noted that the main objectives of the qualimetry of aviation structures made of polymer composite materials is to ensure the unity and accuracy, high quality products, reduce the cycle of its production, cost, reliability, and the same operation of operation.

The achievement of the objectives of metrological support and challenges facing it is formed on the basis of a classification approach to the analysis of the main stages of the life cycle of the existence of composite structures, including an analysis of the effectiveness of aircraft constructions from polymer composite materials, which constitute the stage of their design and production, as well as tests, operation, disposal and forecast of perspectives Growth of the quality of products from polymer composite materials.

A classifier of the stages of the life cycle of aircraft of the transport category of polymer composite materials were proposed, its top-level decomposition was carried out, including the composition of the species, classes, subclasses, groups and subgroups and their analysis was carried out. In the proposed classifier, starting with subclasses, previewed backup blocks, the need to use which may occur upon subsequent analysis of each stage.

The proposed classification approach to the metrological support of composite structures and its further development on all the main stages of the life cycle of their existence, it is one of the most important components of the implementation of a high level of competitiveness of domestic aircraft transport categories in the global sales and services market.

Keywords: aircraft design, polymer composite materials, classifier of the stages of the aircraft life cycle, metrological support of aviation structures.

Сведения об авторах:

Бычков Сергей Андреевич – доктор технических наук, профессор, и.о. Генерального Директора ГП «АНТОНОВ», Украина.

Гайдачук Александр Витальевич – доктор технических наук, профессор Технологического университета г. Нинбо, КНР, arbalet98@ukr.net, Scopus ID: 24400980600.

Андреев Алексей Викторович – кандидат технических наук, заместитель Главного инженера ГП «АНТОНОВ», Украина, andreev@antonov.com

Wang Bo – кандидат экономических наук, доцент Технологического университета г. Нинбо, КНР.

Журибеда Мария Николаевна – заместитель Главного метролога ГП «АНТОНОВ», Украина.

Information about authors:

Bychkov Sergey Andreevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting General Director of SE "Antonov", Kyiv, Ukraine.

Haidachuk Alexander Vitalyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of Technological University Ningbo, Ningbo, China, arbalet98@ukr.net, Scopus ID: 24400980600.

Andreev Alexey Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Deputy Chief Engineer SE "Antonov", Kyiv, Ukraine, andreev@antonov.com

Wang Bo – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Technological University Ningbo, Ningbo, China.

Zhuribeda Maria Nikolaevna – Deputy Chief Metrologist SE "Antonov", Kyiv, Ukraine.