

Формирование требований к летательным аппаратам

Н.Г. Серёгин, кандидат технических наук, доцент, заместитель директора завода «Импульс» Акционерного Общества «Научно-Производственное Объединение Измерительной Техники» (АО «НПО ИТ»), г. Королев, Московская область,

П.Ю. Пудовченко, студентка 4 курса Государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Московской области «Технологический университет», г. Королев, Московская область

Рассмотрены вопросы формирования требований и природы возникновения этих требований к летательным аппаратам. Также раскрыта важность сертификации на каждом этапе формирования требований и проанализированы различные источники технической литературы по летной авиации. На основе современных тенденций была выявлена схема, позволяющая сократить издержки на этапе эксплуатации, и выбран оптимальный путь развития дальнейших рекомендаций в области самолетостроения.

Авиастроение, сертификация, техника, технологии, летательные аппараты.

Formation of requirements for flying machines

V.G. Isaev, candidate of technical Sciences, associate Professor, head of the Department of quality management and standardization, State Educational Institution of Higher Education

Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region,

N.G. Seregin, candidate of technical Sciences, associate Professor, deputy director of the plant «Impulse» of the joint-Stock company «Scientific and Production Association of Measuring Equipment» (JSC «NPO IT»), Korolev, Moscow region,

P. Y. Pudovchenko, student of State Educational Institution of Higher Education Moscow Region «University of technology», Korolev, Moscow region

The issues of forming requirements and the nature of these requirements for passenger ships are considered. The importance of certification at each stage of requirements formation is also revealed and various sources of technical literature on flight aviation are analyzed. Based on current trends, a scheme was identified that allows reducing costs at the operational stage, and the optimal way to develop further recommendations in the field of aircraft construction was chosen.

Aircraft industry, certification, equipment, technologies, aircraft.

Премет исследования

При разработке любого летательного аппарата в независимости от его функционального назначения возникает потребность в таких характеристиках летательных аппаратов, которые могут обеспечить соответствие изделия всем условиям технического задания заказчика. Это ставит перед ними задачу формирования и анализа списка требований к авиационной и ракетно-космической технике.

Грамотный, взвешенный подход при составлении списка требований позволит подобрать оптимальный подход к формированию требований для конкретного летательного аппарата и создать наиболее конкурентоспособный авиационный комплекс. При этом немаловажную роль играют задачи экономии, конкурентоспособности, национальной безопасности и импортозамещения [1].

Требования к изделиям и задачи исследования

Требования, предъявляемые ко всем летательным аппаратам условно можно разделить на два крупных блока: общие технические требования и технические требования к конкретному типу летательного аппарата.

Общие требования можно разделить на следующие: технические, специальные, производственные (технологические) и эксплуатационные.

Основными техническими требованиями, характеризуют выполнение технического задания в части реализации потребностей летательного аппарата в обеспечении его летно-технических и эксплуатационных характеристик [2]:

- 1) обеспечение взлетной тяги согласно тактико-техническим характеристикам летательного аппарата на протяжении всего ресурса;
- 2) обеспечение надежной работы силовой установки и стабильности полетных режимов;
- 3) обеспечение минимального расхода топлива;
- 4) хорошая приемистость;
- 5) обеспечение заданных рабочих режимов на всем типовом профили полета;
- 6) обеспечение безопасности эксплуатации;
- 7) обеспечение минимально допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- 8) минимальные стоимость, масса и габариты при заданной тяге.

К производственным (технологическим) требованиям относятся:

- 1) простота и технологичность изготовления и сборки летательного аппарата;
- 2) минимальные требования к производственному и испытательному оборудованию, а также к персоналу;
- 3) высокая степень стандартизации и унификации элементов;
- 4) использование недефицитных и дешевых материалов;
- 5) низкая стоимость изготовления летательного аппарата в целом.

К эксплуатационным требованиям относятся:

- 1) удобство замены сменных эксплуатационных элементов;
- 2) удобство монтажа и демонтажа оборудования летательных аппаратов;

- 3) простота, удобство выполнения регламентных операций;
- 4) низкая стоимость ремонта и доступность запасных частей.

Воздушный кодекс Российской Федерации (РФ) устанавливает правовые основы использования воздушного пространства и деятельности в области авиации.

Действие ст. 37 Воздушного кодекса РФ распространяется на гражданскую авиацию. Нормы п. 1 и 2 ст. 37 Воздушного кодекса РФ регламентируют требования к сертификации образцов авиационной техники нового типа, включая воздушные суда, авиационные двигатели и воздушные винты. Эти требования необходимы для реализации норм, регламентирующих допуск воздушных судов гражданской авиации к эксплуатации.

Требования и процедуры сертификации летательных аппаратов определяются Федеральными авиационными правилами. Образцы авиатехники новой конструкции должны соответствовать нормам летной годности, действующим на дату принятия заявки, любым дополнительным требованиям, которые орган по сертификации сочтет необходимым установить для обеспечения безопасности.

После установления соответствия летательного аппарата нормам лётной годности организации, ответственной за конструкцию, выдается сертификат соответствия, где четко указываются те нормы летной годности, соответствие которым было обеспечено и которые стали нормативной базой для выдачи сертификата. Как правило, эти нормы продолжают применяться в отношении конкретных экземпляров воздушных судов или компонентов, изготовленных в соответствии с данной конструкторской документацией.

Таким образом, согласно Воздушному кодексу РФ все летательные аппараты, их двигатели, комплектующие изделия в обязательном порядке должны быть сертифицированы [3, 4].

На территории России вопросы сертификации авиационной техники переданы в ведение Межгосударственного авиационного комитета (МАК). Это постоянно действующий орган. Для осуществления деятельности им создан специальный орган – Авиационный регистр (Авиарегистр). Сертификаты выдаются Авиарегистром.

В настоящее время общепризнано, что сертификация – одна из наиболее эффективных форм обеспечения качества продукции или услуг, а также их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Многофункциональность сферы сертификации требует формирования соответствующей инфраструктуры – органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий.

Чрезвычайно важную роль в отечественной практике сертификации играют методы летных испытаний, основанные на объективном получении широкого спектра информации и летной оценке экипажа. Летные испытания широко применяются в нашей практике при создании и сертификации самолета и включают исследования на стендах, летающих лабораториях и сертифицируемом самолете [5]. Одной из важных задач при этом является разработка нормативов типовых испытаний агрегатов и систем. Внедрение

перспективных технических требований потребовало новых материалов и покрытий, существенного пересмотра порядка и методов испытаний, опытных образцов авиационной техники, их отработки перед установкой на самолеты, расширения и развития испытательной базы для проведения полноценной отработки изделий, совершенствования информационного обеспечения новых разработок, специализации производства [6]. Подтверждение показателей технического уровня бортового оборудования осуществляется на этапе испытаний в процессе проведения опытно-конструкторских работ (ОКР). Для практического воплощения этого принципа головными НИИ совместно с ОКБ были разработаны и утверждены нормы типовых испытаний агрегатов и систем бортового оборудования на надежность.

Методы и средства

В настоящее время в ряде случаев показатели надежности бортового оборудования на этапе ОКР подтверждаются расчетными значениями. Нормы испытаний требуют подтверждения значений показателей надежности бортового оборудования на этапе ОКР, что позволит сократить сроки летных испытаний самолетов до 2–3 лет вместо 6–7 лет при существующей практике. Все это может быть обеспечено за счет проведения стендовых испытаний (рис. 1).

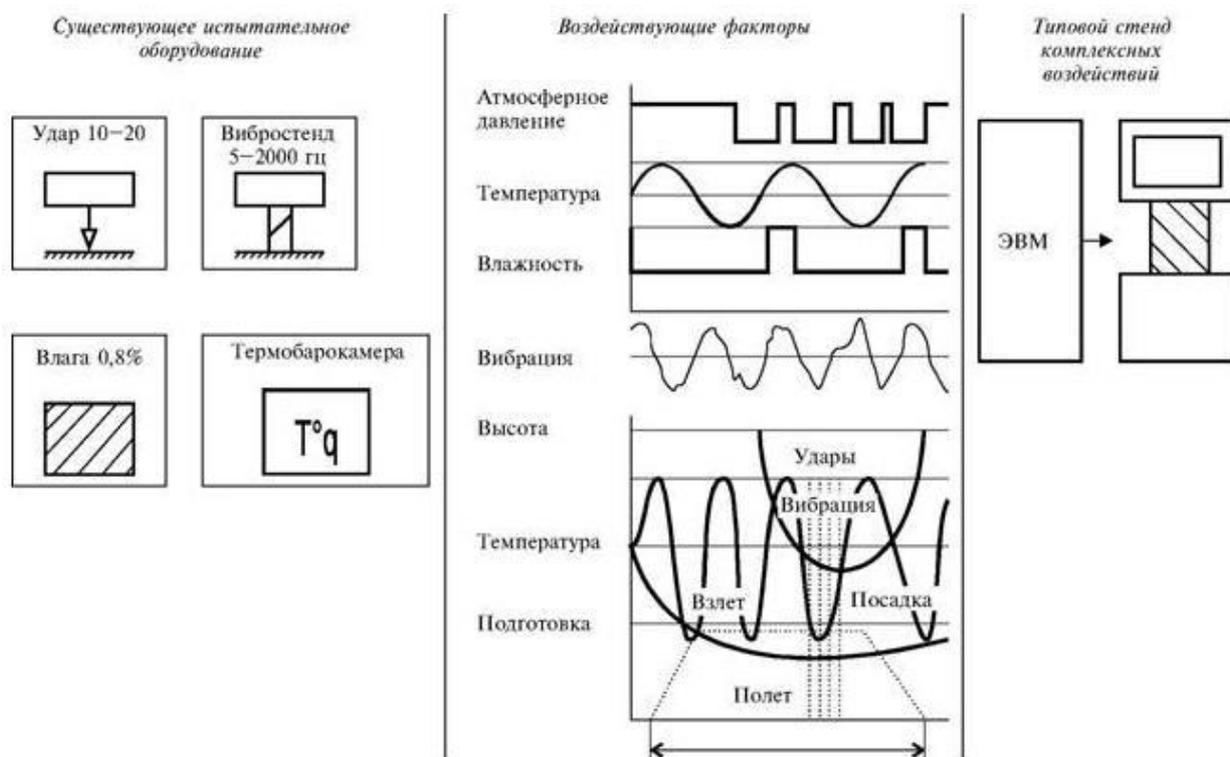


Рисунок 1. Схема стендовых эквивалентно-циклических испытаний оборудования самолетов и вертолетов с комплексным воспроизведением нагрузок, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации.

Для подтверждения соответствия характеристик изделий перспективным техническим требованиям введена отраслевая аттестация (сертификация) агрегатов и систем бортового оборудования.

Разработан комплекс нормативных документов, устанавливающий порядок проведения работ в отрасли по повышению технического уровня изделий авиационной техники и порядок отраслевой аттестации бортового оборудования летательных аппаратов и двигателей.

Эти документы определяют организацию и порядок работ в отрасли, функции участников работ и их взаимодействие, в них предусматривается постоянный контроль головного тематического института за разработкой, испытаниями и эксплуатацией бортового оборудования и выдача аттестата годности бортового оборудования к применению на летательных аппаратах.

Ключевым моментом, обеспечивающим гарантию проектирования, является системный подход к проектированию бортовой аппаратуры воздушных судов. Под гарантией проектирования понимается процесс, состоящий из специально запланированных систематических мероприятий, обеспечивающих в совокупности уверенность в том, что ошибки или упущения в требованиях или проекте выявлены и устранены таким образом, что реализованная система будет удовлетворять сертификационным требованиям.

Формирование требований, в том числе, возникает и по причине обязательной сертификации летательных аппаратов. Ниже представлена схема общей сертификации летательных аппаратов (рис. 2).



Рисунок 2. Общая программа сертификации летательных аппаратов (ТТТ – тактико-технические требования, МОС – методы определения соответствия, НЛГС – нормы летной годности самолетов).

В качестве еще одного этапа формирования требований к летательным аппаратам является математическое моделирование их надежности

Математическое моделирование применяют тогда, когда известно достаточно достоверное математическое описание моделируемого процесса. Значительный интерес представляет задача обоснования исследования летательного аппарата в виде системы на различных этапах ее разработки и возможности перехода на следующий в технологической цепочке этап.

На каждом этапе разработки системы происходит обнаружение и устранение дефектов, т. е. корректировка и доработка системы. При этом наблюдается улучшение характеристик системы. Определив отказ как любое несоответствие параметров и характеристик системы предъявляемым требованиям, и учитывая вероятностный характер процесса обнаружения дефекта, получим возможность использования для описания этого процесса хорошо известного и достаточно полно разработанного математического аппарата теории надежности. При этом событие обнаружения дефекта является аналогом отказа, вероятность этого события – вероятность отказа, а вероятность бездефектного состояния системы – вероятности безотказной работы системы R_i [7, 8, 9].

В процессе экспериментальной отработки системы ее надежность возрастает. Эта динамика роста описывается некоторыми математическими зависимостями, основной из которых является экспоненциальная:

$$R_i(t_i) = a_i - (a_i - R_{oi}) \exp\{-\theta_i t_i\},$$

где:

индекс i – этап разработки;

t_i – время разработки на этом этапе;

R_{oi} – начальное для данного этапа значение надежности;

θ_i – интенсивность обнаружения и устранения дефектов на данном этапе;

a_i – предельное для данного этапа значение надежности, определяемое полнотой имитации на данном этапе условий эксплуатации системы.

В результате может быть поставлена и решена задача оптимального по времени перехода от этапа к этапу, а именно:

$$T = t_{i-1} + t_i = \frac{I}{\theta_{i-1}} \ln \frac{a_{i-1} - R_{oi-1}}{a_{i-1} - R_{oi}} + \frac{I}{\theta_i} \ln \frac{a_i - R_{oi}}{a_i - R_{oi+1}} = \min R_{oi}.$$

Решением этой оптимизационной задачи является условие равенства скоростей роста надежности на $i-1$ -м и i -м этапах отработки в точке перехода R_{oi} , а именно:

$$\theta_i (a_i - R_{oi}) = \theta_{i-1} (a_{i-1} - R_{oi}).$$

Аналогичное условие получается, если вместо времени используется стоимость отработки на различных этапах.

Результаты исследования

Анализ зарубежного опыта разработки летательных аппаратов показывает, что летные испытания, играющие важную роль в отечественной практике для установления соответствия основных характеристик летательных аппаратов нормам лётной годности, за рубежом имеют существенно меньшее, в основном демонстрационное значение, поскольку до 80 % всех проблем, возникающих при разработке соответствующих систем, решается на земле за счёт широкого применения математического моделирования надежности летательных аппаратов.

Этой современной тенденции соответствуют малые значения интенсивности обнаружения дефектов на этапе летных испытаний и близкие к единице значения случайной составляющей надежности.

То есть, можно говорить о перспективном формировании требований с учетом математического моделирования надежности летательных аппаратов, и об актуальности рассматриваемой структуры подхода.

Литература:

1. Кузнецов А. Г. Современные тенденции развития технологии проектирования систем автоматического управления самолетов // Труды Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА), выпуск 2, Навигация и управление летательными аппаратами. М.: МИЭА, 2010. С. 2–9.
2. Глаголев А.Н. Конструкция самолетов // А.Н. Глаголев, М.Я. Гольдинов, С.М. Григоренко. – М: Машиностроение, 1975.
3. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования // Официальное издание. М.: Стандартинформ. 2018 год.
4. Александровская Л. Н., Аронов И. З., Смирнов В. В., Шолом А. М. Сертификация сложных технических систем: учебн. пособие. М.: Логос, 2001. 312 с.
5. Корнеев В.М. Конструкция и эксплуатация воздушных судов для пилотов и бортиженеров. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2006.
6. Буланов И.М., Воробей В.В. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: учебник для вузов // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1998. 516 с
7. Исаев В.Г., Серёгин Н.Г., Сорокин С.В. Комплексный расчётно-экспериментальный метод оценки надёжности технических систем летательных аппаратов // М.: Информационно-технологический вестник. 2018. № 4 (18). С. 22-31.
8. Исаев В.Г., Серёгин Н.Г. Анализ надёжности технологического оборудования предприятий ракетно-космической техники на примере консольных фрезерных шпиндельных узлов аппаратов // М.: Информационно-технологический вестник. 2019. № 4 (22). С. 17-23
9. Проников А.С. Надёжность машин // М.: Машиностроение. 1978. 590 с.