

УДК 629.7:658.516

## СЕРТИФИКАЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Т. Ф. АХМЕТШИН

[ugatu\\_stand@mail.ru](mailto:ugatu_stand@mail.ru)

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

*Поступила в редакцию 12.10.2013*

**Аннотация.** Рассматриваются особенности сертификации сложных технических систем, в частности, авиационной техники (АТ) в Российской Федерации и за рубежом. Анализируются принцип «сквозной» сертификации при проектировании воздушных судов, использование методов валидации и верификации.

**Ключевые слова:** обязательная сертификация; летные испытания; менеджмент качества; стендовые испытания; процедуры верификации.

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

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

Требования и процедуры сертификации типа определяются федеральными авиационными правилами (АП-21). Образцы авиатехники новой конструкции должны соответствовать нормам летной годности (НЛГ), действующим на дату принятия заявки, любым дополнительным требованиям, которые орган по сертификации сочтет необходимым установить для обеспечения безопасности.

После установления соответствия воздушного судна НЛГ организации, ответственной за типовую конструкцию, выдается сертификат типа, 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 ВК РФ все летательные аппараты, их двигатели, комплектующие изделия в обязательном порядке должны быть сертифицированы.

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.

Особенно важна сертификация для сложных технических систем (СТС), отказы которых зачастую приводят к тяжелым последствиям. Формы и методы сертификации сложных изделий отличаются от традиционных подходов, применяемых при сертификации более простого оборудования. Например, сертификация аудио- и видеотехники не требует подтверждения в рамках сертификационных испытаний показателей надежности, а для оборудования летательных аппаратов (ЛА) проверка показателей надежности обязательна и имеет первостепенное значение. Таким образом, особенности сер-

тификации сложных систем должны быть предметом специального изучения.

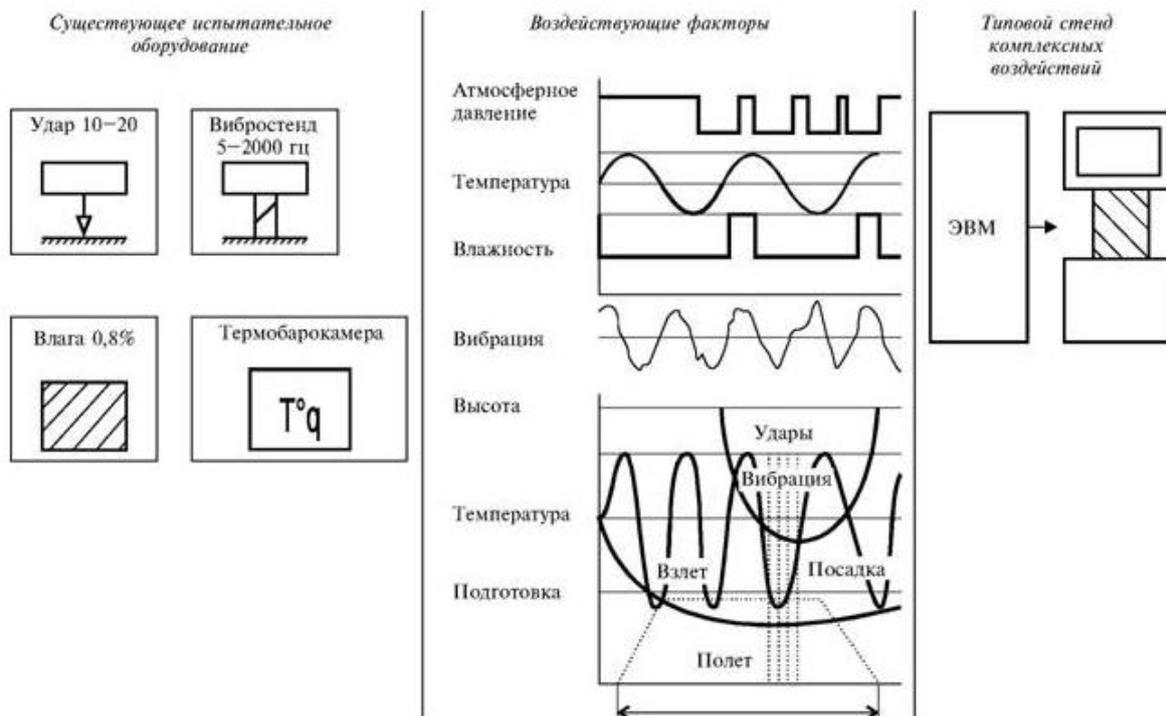
В подходах к сертификации СТС в области авиастроения у ведущих зарубежных фирм Франции, Англии, США и предприятий отечественного самолетостроения существуют отличия. В этой связи можно отметить, что в гражданской авиации РФ существует проблема гармонизации процедурных сертификационных требований (АП-21 и др.) с зарубежными аналогами. Были утрачены ряд важных и эффективных норм и процедур советского периода (например, роль головных НИИ отрасли) и при этом упущены полезные зарубежные нормы и процедуры (в частности, по порядку сертификации и оборота составных частей ВС).

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. Одной из важных задач при этом является (как элемент сертификации агрегатов и систем) 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. Подтверждение показателей технического уровня бортового оборудования осуществляется на этапе испытаний в процессе проведения 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.

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 до 0,6 расчетного, 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) [1].

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



**Рис. 1.** Схема стендовых эквивалентно-циклических испытаний (ЭЦИ) оборудования самолетов и вертолетов с комплексным воспроизведением нагрузок, максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации (РЭУ)

Разработан комплекс НД, устанавливающий порядок проведения работ в отрасли по повышению технического уровня изделий АТ и порядок отраслевой аттестации бортового оборудования ЛА 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 ЛА.

Однако основной объем сертификационных работ проводится при летных испытаниях опытных образцов самолетов и вертолетов. При этом практически отсутствует эффективная система сертификации и контроля над деятельностью разработчиков и изготовителей (поставщиков) составных частей и комплектующих изделий.

Современный этап развития менеджмента качества характеризуется переносом основных акцентов с контроля готовой продукции на контроль и управление процессами ее создания. Данная тенденция нашла свое воплощение в серии международных стандартов ИСО 9000. Однако в создании системы менеджмента качества предприятий авиационной промышленности нельзя не отметить тот факт, что их универсальность не позволяет в необходимой степени отразить специфику создания авиационного оборудования, представляющего собой высокоинтегрированные сложные цифровые системы.

Анализ зарубежного опыта менеджмента качества показал, что, во-первых, сертификация является мощным средством обеспечения качества, и, во-вторых, методы менеджмента качества только в том случае являются эффективными, когда они применяются на всех уровнях организации, от разработчика до высшего руководства. Поэтому для отечественных производителей является актуальным использовать зарубежный опыт внедрения системного и процессного подходов в практику проектирования, учитывая преимущества так называемой «сквозной» сертификации при участии в ней всех специалистов, занятых в полном жизненном цикле авиационной продукции [2].

Применительно к бортовым системам воздушных судов процессный и системный подход нашли свое наиболее полное воплощение в иностранных документах, в частности в документе DO-254 [3], в котором наиболее полно дано определение сложности аппаратуры: «Элемент аппаратуры определяется как простой, только

если обширная комбинация детерминированных проверок и анализов ... сможет обеспечить правильность функциональной характеристики во всех предполагаемых условиях эксплуатации без аномалий в поведении. Когда элемент не может быть классифицирован как простой, он должен быть классифицирован как сложный».

Из определений простого и сложного элементов вытекает недостаточность применения детерминированных методов анализа, что логически обуславливает необходимость использования статистических подходов.

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.

Типовой подход к проектированию функциональных систем ВС начинается с концептуального проектирования и заканчивается сертификацией. Для большинства сложных систем доказательство обеспечения гарантии проекта осуществляется в течение большей части периода проектирования, то есть сертификационный процесс рассматривается как процесс поддержки проектирования.

Целью процесса сертификации является доказательство соответствия ВС и его систем требованиям норм летной годности.

Одним из средств сертификации высокоинтегрированных и сложных систем является необходимость использования методов гарантии проектирования, поэтому рекомендуется как можно раньше (до реализации проекта) обеспечить координацию действий заявителя с сертификационным органом. Методы оценки соответствия предлагает заявитель, сертификационный орган определяет достаточность данных для доказательства соответствия.

В табл. приведены возможные сертификационные данные системы.

Процесс оценки безопасности обеспечивает аналитическую очевидность соответствия требованиям летной годности. Он включает конкретные оценки, корректируемые в процессе проектирования системы и увязанные с другими процессами поддержки ее проектирования.

Целями процесса валидации является проверка правильности (отсутствие неоднозначно-

сти или ошибок в формулировке) и полноты (отсутствие пропусков или включения несущественных) требований. Валидация требований и допущений на верхних уровнях служит основой их валидации на более низких уровнях.

В большинстве программ проектирования имеется ряд допущений, правильность которых нельзя доказать напрямую. Это допущения: по окружающим условиям и эксплуатации; относящиеся к проектированию, к производству, к эксплуатационной технологичности и к установке оборудования. Для валидации допущений применяется экспертиза, анализы и испытания, а также демонстрация того, что архитектура системы ограничивает последствия ошибочно принятого допущения.

Таблица

**Перечень  
сертификационных данных системы [2]**

План сертификации	План проектирования Архитектура и конструкция Требования План валидации План верификации План управления конфигурацией План гарантии выполнения процессов
Указатель конфигурации	Оценка функциональных рисков Предварительная оценка безопасности системы Оценка безопасности системы Анализ общих причин отказов Данные валидации Данные верификации Данные, подтверждающие наличие управления конфигурацией Данные, подтверждающие гарантию выполнения процессов
Сертификационное заключение	

Основными методами валидации является трассировка требований, анализ, моделирование, специальные испытания, имитация характеристик, анализ сходства, инженерные оценки.

Отдельные методы валидации могут одновременно использоваться и при верификации. В этом случае планы валидации и верификации должны быть обеспечены координацией.

Процесс верификации гарантирует, что реализованная система удовлетворяет предъявляемым к ней прошедшим валидацию требованиям. Для верификации любой системы или изделия может использоваться четыре основных метода: осмотр и экспертная оценка, анализ и моделирование, испытания, опыт эксплуатации.

Анализ зарубежных подходов и процедур сертификации изделия авиационной техники показывает, что основная отличительная черта зарубежной технологии проектирования заключается в сертификационной направленности всех видов работ, начиная с этапа эскизного проектирования, то есть в применении так называемого принципа «сквозной» сертификации.

Для реализации указанного принципа уже на этапе эскизного проектирования разрабатывается программа сертификации, которая охватывает все виды работ.

Программа «сквозной» сертификации должна включать: создание моделей, стендов и других установок, разработку или модификацию методов исследований, проведение моделирования, лабораторных, стендовых и летных испытаний с оценкой соответствия самолета и его оборудования нормам летной годности, разработку и реализацию технологии летных испытаний, оформление доказательной документации и таблиц соответствия и в завершение – представление материалов в орган по сертификации для получения сертификата летной годности.

В рамках программы сертификация исходная совокупность требований к характеристикам разрабатываемого изделия, заложенным в ТЗ и ТУ, представляется в виде таблицы контроля, которая представляет собой систематизированную матрицу требований, задающую границы функциональных параметров изделия и его оборудования в различных режимах штатной эксплуатации. К таким параметрам в первую очередь относятся безопасность, надежность, электромагнитная, программная, метрологическая и другие виды совместимости и взаимозаменяемости. На основании таблицы контроля разрабатывается матрица проверки требований, в которой должны быть сформулированы методы проверки (аналитические расчеты, моделирование, сравнение с изделиями-аналогами, испытания), выполнения этих требований и критерии подтверждения соответствия.

Важнейшей процедурой реализации принципа «сквозной» сертификации является верификация, которая находит все большее применение в мировой практике, главным образом при проверке и оценке результатов проектно-конструкторских работ на начальном этапе создания новой техники.

Данная процедура является практически единственным способом подтверждения правильности принятых технических решений в условиях большой степени неопределенности на начальных этапах проектирования, когда эле-

менты проектируемых изделий еще не изготовлены и их испытания невозможны. Верификации подлежат вновь разработанные конструкции элементов и процессы их функционирования, мероприятия по повышению качества изделий и оценка результатов этих мероприятий.

Верификация может основываться на аналитических исследованиях, расчетах, математическом и физическом моделировании, анализе исходных данных, проектно-конструкторской, технологической и эксплуатационной документации, сравнении с образцами-аналогами и т.д.

По результатам верификации разрабатываются и реализуются предупреждающие мероприятия, направленные на устранение выявленных несоответствий и, тем самым, на повышение надежности и безопасности изделий. Для доказательства эффективности предупреждающих мероприятий они в свою очередь подвергаются процедурам верификации.

Документированные результаты верификации используются при завершении сертификации изделий в качестве доказательной документации наряду с результатами наземных и летных испытаний, статистическими данными о качестве изготовления и эксплуатации изделий, результатами исследования отказов и оценкой эффективности мероприятий по повышению надежности и безопасности.

К следующему этапу «сквозной» сертификации, производимой на начальных стадиях разработки, можно отнести лабораторно-стендовые испытания.

Для придания лабораторно-стендовым испытаниям сертификационной направленности методы и средства проведения этих испытаний также должны быть подвергнуты процедурам верификации. Эффективность процесса «сквозной» сертификации характеризуется степенью готовности сертификационной документации, которая к началу летных испытаний должна составлять более 50 % от всего необходимого объема.

Летные испытания, играющие важную роль в отечественной практике для оценки основных характеристик самолета и установления их соответствия нормам летной годности, за рубежом, как правило, имеют существенно меньшее значение. Осуществление на практике принципа «испытай все перед полетом» дает возможность до 80 % всех характеристик получить на земле.

В зарубежной практике период летных испытаний не рассматривается как созидательный, познавательный этап, а лишь как контрольный, зачетный. Основное внимание уделяется лишь тем видам испытаний, которые нельзя смодели-

ровать в наземных условиях. Результаты летных испытаний, как правило, дают 5–7 % расхождения с результатами моделирования и наземными испытаниями.

Применение «сквозной» сертификации ВС целесообразно и с экономической точки зрения. Известно, что расходы на проведение одной доработки на стадиях моделирования, стендовой отработки и летных испытаний находится в соотношении 1:10:100.

Зарубежные фирмы относят разработку и развитие программы сертификации к серьезной инженерной работе, выполняемой проектировщиками и специальной службой (подразделением, отвечающим за координацию работ по сертификации). Так, например, описанный подход к сертификации широкофюзеляжных самолетов Боинг-747 позволил провести их летные испытания по доводке и сертификации за один год. Опубликованные материалы говорят о том, что общая программа сертификации его была составлена с начала проектирования и включала поэтапное проведение работ по мере окончания каждого раздела проекта (рис. 2). Фирма разработала руководство по сертификации на основе опыта создания предыдущих самолетов, контактов с заказчиком, придерживаясь норм США FAR (Federal Aviation Reguler) [1].

Программа работ по сертификации самолета Боинг-747 включает создание моделирующей и стендовой базы, проведение наземных и летных испытаний. Общая программа испытаний, включая предварительную проработку, рассчитана более чем на четыре года.

Процесс сертификации самолетов Боинг-747 и L-1011 зависит от степени готовности сертификационной документации. Подготовка к сертификации ведется с начала проектирования и к началу летных испытаний она достигает более 50 % всего объема. При этом темп получения необходимой документации резко увеличивается на втором году создания самолета (когда уже действуют все стенды) и сохраняется на всем этапе летных испытаний, продолжающихся около года.

Характерной особенностью работ на всех этапах разработки является их ориентация на последовательное заполнение пунктов таблиц соответствия, т. е. доказательство (методами анализа, статистическими данными, рабочей технической документацией, результатами испытаний) соответствия характеристик СТС требованиям НТД.



Рис. 2. Общая программа сертификации самолета Боинг-747 (ТТТ – тактико-технические требования, МОС – методы определения соответствия, НЛГС – нормы летной годности самолета)

В сфере использования авиационной техники особое значение должно уделяться сертификации сложных технических систем (СТС), отказы которых могут привести к тяжелым, а порой и непредсказуемым последствиям.

Несмотря на разнообразие назначения, состава и условий использования, все СТС обладают некоторыми основными общими свойствами, позволяющими объединить их в один класс. К таким общим свойствам относятся целостность, эмерджентность, иерархичность и конечность.

Целостность подразумевает целенаправленную работу всех компонентов СТС как единого целого для выполнения системой ее назначения.

Эмерджентность определяет появление у СТС свойств, которые не присущи ее компонентам и вызваны неаддитивностью характеристик системы, нелинейностью связей между характеристиками системы и характеристиками ее компонентов.

Иерархичность структуры СТС понимается как возможность представления системы частью суперсистемы более высокого уровня иерархии, а любой части системы — как системы более низкого уровня.

Конечность СТС указывает на конечность потребных для ее создания ресурсов, т.е. принципиальную ее реализуемость.

Помимо этих свойств СТС характеризуют сложность, высокая стоимость, многоцелевой характер.

Сложность СТС определяется большим числом ее возможных состояний. В стоимость включаются затраты на создание, производство и эксплуатацию. Многоцелевой характер СТС приводит к необходимости характеризовать ее свойства рядом показателей, требования к которым нередко оказываются противоречивыми.

Формы и методы сертификации сложных изделий отличаются от традиционных подходов, применяемых при сертификации более простого оборудования.

Для сертификации СТС в РФ созданы и продолжают создаваться специальные системы сертификации. Примерами специальных систем сертификации СТС могут служить Федеральная система сертификации ракетно-космической техники (ФСС КТ), система «Оборонсертифика» и создаваемая система сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок.

Анализ существующих зарубежных процедур сертификации [4] показал, что основная отличительная особенность СТС заключается в сертификационной направленности всех видов работ, начиная с этапа эскизного проектирования или в реализации принципа «сквозной» сертификации. Орган по сертификации сложных

изделий включается в сертификацию не на заключительном этапе производства (когда изделие уже спроектировано и изготовлено), а с начала проектирования. На всех этапах создания опытного изделия, которые включают значительные объемы моделирования и наземных лабораторно-стендовых испытаний на воздействие широкого спектра условий и факторов жизненного цикла, имеется возможность корректировать мероприятия по повышению надежности и безопасности изделий.

В этом случае еще на ранних стадиях создания СТС могут быть вскрыты недостатки, в том числе несоответствие требованиям норм, правил и стандартов, которые легче устранить до или в процессе создания опытной СТС, чем во время его испытаний.

Для реализации этого принципа на этапе эскизного проектирования разрабатывается программа сертификации, охватывающая все виды работ: создание моделей; создание испытательных стендов; разработку и уточнение методов лабораторных, стендовых и натуральных испытаний агрегатов СТС.

В развитие вышеуказанного подхода представляется целесообразным приведение в соответствие отечественных требований и норм лабораторно-стендовых испытаний с общепринятыми в мировой практике требованиями и нормами развитой системы сертификационных испытаний, связанной с условиями рыночной конкуренции и жесткой регламентацией качества.

Таким образом, правомерно заключить, что для придания лабораторно-стендовым испытаниям сертификационной направленности, методы и средства проведения лабораторно-стендовых сертификационных испытаний также должны быть подвергнуты процедурам верификации, т.е. проверке и доказательству (подтверждению) их соответствия требованиям норм, правил и стандартов воздушных судов, авиационных двигателей и других комплектующих изделий.

В связи с вышесказанным еще на начальном этапе создания изделия должны разрабатываться методики сертификационных испытаний СТС и экспериментально-испытательных средств, с помощью которых на этапе лабораторно-стендовой отработки будет осуществляться заполнение значительного объема таблицы соответствия. Данная работа должна быть завершена к концу этапа разработки рабочей документации и входить в состав документации при экспертизе этой рабочей документации с целью формирования заключения о ее соответ-

ствию требованиям норм, правил и стандартов для дальнейшего согласования с регулирующим органом.

По завершении вышеописанных мероприятий дальнейшие работы по сертификации проводятся в соответствии с действующими процедурами подтверждения соответствия.

Роль наземной отработки агрегатов летательных аппаратов или ракетно-космической техники для подтверждения их характеристик и требуемого уровня надежности очень велика. «Чем дальше от доски конструктора обнаруживается ненадежность, – говорил академик А. Н. Туполев, – тем дороже она обходится». Следовательно, еще на начальном этапе создания СТС должны разрабатываться методики сертификационных испытаний агрегатов СТС и экспериментально испытательные средства, с помощью которых на этапе лабораторно-стендовой отработки узлов будет осуществляться заполнение значительного объема таблицы соответствия.

Для сертификации СТС в РФ созданы и продолжают создаваться специальные системы сертификации. Примерами специальных систем сертификации СТС могут служить Федеральная система сертификации ракетно-космической техники (ФСС КТ), система «Оборонсертифика» и создаваемая система сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок.

Теоретическое обоснование тенденции сокращения объемов летных испытаний за счет увеличения объемов математического моделирования и стендовой отработки можно показать на примере типовой схемы технологии проектирования системы автоматического управления (САУ) самолетов

Технология проектирования САУ самолетов к настоящему времени в основном сложилась [5]. Математическое обеспечение позволяет выбрать и обосновать структуру САУ, настройки, проанализировать устойчивость системы и доказать выполнение требований ТЗ, предъявляемых к системе управления, с заданной вероятностью.

Математическое моделирование используется, когда известно достаточно достоверное математическое описание моделируемого процесса. Значительный интерес представляет задача обоснования работоспособности системы на различных этапах ее разработки и возможности перехода на следующий в технологической цепочке этап.

На каждом этапе разработки системы происходит обнаружение и устранение различных

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, т.е. надежности системы  $R$ .

В процессе экспериментальной отработки системы ее «надежность» растет. 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  $i$  обозначает этап разработки;  $t_i$  – время разработки на этом этапе;  $R_{oi}$  – начальное для данного этапа значение надежности;  $\theta_i$  – 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.

Обоснованием экспоненциальной модели является тот факт, что рост надежности пропорционален обнаруженной надежности, т. е.  $\dot{R} = \theta(a - R)$ ; отличие параметра  $a$  от единицы определяется проявлением при функционировании любой системы случайных отказов, не требующих доработки системы.

Исследование динамики роста надежности самых различных аэрокосмических систем в процессе их экспериментальной отработки позволяет выявить следующие закономерности:

- интенсивность обнаружения дефектов уменьшается с переходом на следующие этапы, т. е.  $\theta_{i-1} > \theta_i$ , что объясняется как уменьшением числа невыявленных дефектов, так и усложнением условий их обнаружения (наиболее просто дефекты обнаруживаются при математическом моделировании, наиболее сложно – в летных испытаниях);

- предельное значение растет с переходом на следующий уровень, т. е.  $a_{i-1} < a_i$ , что объясняется все более полной имитацией реальных эксплуатационных условий при переходе от математического моделирования к летным испытаниям.

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.

Анализ зарубежного опыта разработки авиационного оборудования показывает, что летные испытания, играющие важную роль в отечественной практике для установления соответствия основных характеристик самолета НЛГ, за рубежом имеют существенно меньшее, в основном демонстрационное значение, поскольку до 80 % всех проблем, возникающих при разработке соответствующих систем, решается на земле.

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

Из условия оптимального перехода следует, что объем летных испытаний, необходимых для устранения ранее необнаруженных дефектов, близок к нулю, и целью их становится лишь демонстрация достигнутых результатов.

Накопленный отечественный опыт [1] многолетних исследований по созданию и отработке математическим моделированием вычислительных систем самолетовождения позволяет анализировать работу всей бортовой аппаратуры в комплексе в условиях действия всех возможных навигационных ошибок на точность пилотирования, позволяет констатировать полное соответствие процессов создания образцов авиатехники мировым тенденциям развития.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровская Л. Н., Аронов И. З., Смирнов В. В., Шолом А. М. Сертификация сложных технических систем: учебн. пособие. М.: Логос, 2001. 312 с. [L. N. Alexandrovskaya, I. Z. Aronov, V. V. Smirnov, A. M. Sholom, *Certification of complex technical systems, study guide*, (in Russian). Moscow: Logos, 2001. ]

2. Александровская Л. Н., Кузнецов А. Г., Солонников Ю. И. Анализ зарубежного опыта сертификации бортовых систем воздушных судов // Труды Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА). Вып. 2: Навигация и управление летательными аппаратами. М.: МИЭА, 2010. С. 36–51. [ L. N. Alexandrovskaya, A. G. Kuznetcov, Y. I. Solonnikov, «Analysis of systems on board aircraft international experience certification,» in *Proc. Workshop of the Moscow Institute of Electromechanics and Automatics. Navigation and control aircraft*. Moscow: MIEA, 2010, vol. 2, pp. 36-51. ]

3. Квалификационные требования DO-254. Руководство по гарантии разработки бортовой электронной аппаратуры. [ *The qualification requirements DO-254. Guide to guarantee the development of on-board electronics*. ]

4. Александровская Л., Аронов И., Смирнов В., Шолом А. Сертификация сложных технических систем. Гл. 6: Особенности сертификации сложных технических систем [Электронный ресурс]. URL: [http://www.plam.ru/tehnauka/sertifikacija\\_slozhnyh\\_tehnicheskikh\\_sistem/p7.php](http://www.plam.ru/tehnauka/sertifikacija_slozhnyh_tehnicheskikh_sistem/p7.php). [ [Online]. Available: [www.plam.ru/tehnauka/sertifikacija\\_slozhnyh\\_tehnicheskikh\\_sistem/p7.php](http://www.plam.ru/tehnauka/sertifikacija_slozhnyh_tehnicheskikh_sistem/p7.php) ]

5. 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. [ A. G. Kuznetcova, «Current development trends of technology automatic control of aircraft systems design,» in *Proc. Workshop of the Moscow Institute of Electromechanics and Automatics. Navigation and control aircraft*. Moscow: MIEA, 2010, vol. 2, pp. 2-9. ]

#### ОБ АВТОРЕ

**АХМЕТШИН Тимербай Фахрисламович**, доц. каф. стандартизации и сертификации. Дипл. инж.-мех. (ЧИМЭСХ, 1973). Канд. техн. наук (М., НПО с/х машиностр., 1988). Эксперт системы сертификации ГОСТ Р «Сертификация продукции машиностроения».

#### METADATA

**Title:** Aviation techniques certification.

**Authors:** T. F. Akhmetshin

**Affiliation:** Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

**Email:** ugatu\_stand@mail.ru

**Language:** Russian.

**Source:** Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 18, no. 2 (63), pp. 10-18, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

**Abstract:** The certification features of complex technical systems are discussed in the article, in particular, aviation equipment in The Russian Federation and abroad. «Through»-certification principle in the aircraft designing and the Validation and Verification methods using are analyzed.

**Key words:** mandatory certification; flight tests; quality management; bench tests; verification procedures.

**About authors:**

**AKHMETSHIN, Timerbay Fahrislamovich**, Docent, Dept. of Standardization and Certification. Certified engener-mechanic (ЧИМЭСХ, 1973). Candidate of technical sciences in subject of agricultural engineering. Expert of the GOST R certification system «Certification of engineering products».