

УДК 629.735.33

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ САМОЛЕТОВ

И.Д. ДАШКОВ

В данной статье рассмотрены вопросы, связанные с методами оценки соответствия функциональных систем воздушных судов требованиям норм летной годности самолетов (НЛГС), представлен подробный анализ каждого из них, а также рассмотрена их эффективность на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: воздушное судно (ВС), функциональные системы (ФС), нормы летной годности самолетов (НЛГС), функциональный отказ, степень опасности.

Обеспечение безопасности полетов при постоянном повышении эффективности эксплуатации авиационной техники гражданской авиации является основной задачей всех работников данной структуры. Проблемы обеспечения безопасности полетов (БП) авиационно-транспортной системы (АТС) связаны с управлением функционирования сложной системы, которая состоит из сложных элементов.

Достаточно значимая роль в обеспечении БП в АТС отводится поддержанию в эксплуатации летной годности гражданских воздушных судов как элементу АТС.

Летная годность воздушного судна характеризуется:

- уровнем летных качеств воздушного судна;
- уровнем надежности функциональных систем (ФС) воздушного судна;
- совершенством системы ТО и ремонта самолета и его оборудования;
- качеством летной эксплуатации.

Одним из самых важных средств обеспечения высокого уровня безопасности полетов являются научно-обоснованные требования к авиационной технике и методы определения ее соответствия этим требованиям. В нормах летной годности самолетов (НЛГС), которые являются минимальными государственными требованиями к обеспечению безопасности полетов воздушного судна, приведены как требования к их летным характеристикам и параметрам ФС, так и общие требования к летной годности воздушного судна.

В НЛГС принят вероятностный подход к оценке БП, подразумевающий классификацию всех особых ситуаций, которые могут возникнуть в полете и таящие в себе угрозу его благополучному завершению.

Особые ситуации согласно этому подходу классифицируются:

- по степени опасности;
- по вероятности возникновения.

По степени опасности особые ситуации подразделяются на усложнение условий полета, опасную, аварийную и катастрофическую ситуации.

При оценке вероятности появления особых ситуаций при отказах ФС в полете используется следующее выражение

$$P(OC_i) = P(\Pi_i) \cdot P\left(\frac{OC_i}{\Pi_i}\right), \quad (1)$$

где $P(OC_i)$ – вероятность возникновения особой ситуации (УУП, СС, АС, КС) при появлении i -й причины (отказа ФС); $P(\Pi_i)$ – вероятность появления i -й причины; $P\left(\frac{OC_i}{\Pi_i}\right)$ – условная вероятность образования особой ситуации при появлении i -й причины.

Суммарную вероятность особой ситуации по всем факторам рекомендуется определять посредством следующего выражения

$$P(OC) = \sum_{i=1}^n P(\Pi_i) \cdot P\left(\frac{OC_i}{\Pi_i}\right). \quad (2)$$

Для исследования надежности систем используют:

- модели, основанные на положениях алгебры логики при различных начальных допущениях;
- методы построения эквивалентных схем по работоспособности или по отказу с применением минимальных сечений или путей;
- построение дерева отказов;
- ориентированные графы;
- анализ безотказности систем с помощью использования марковских моделей надежности;
- математическое моделирование функционирования систем с помощью современной техники и определение характеристик надежности на основании статистических испытаний при помощи метода Монте-Карло.

При рассмотрении показателей надежности ФС ВС нашли широкое распространение различные модификации логико-вероятностных методов.

Выбор того или иного определенного метода анализа надежности обуславливается многими обстоятельствами и прежде всего от сложности изделия, направленности выполнения изделием функций, установленных требований по надежности и способов их подтверждения. Для анализа надежности методом логических схем проводится оценка работы и функциональных взаимосвязей всех элементов и частей данной системы. Этот метод дает возможность осуществлять оценку безотказности систем при наличии различных отказов отдельных элементов системы.

Метод логических схем используется, если:

- отказы элементов системы не зависят друг от друга;
- работоспособность системы не зависит от порядка образования во времени отказов ее элементов.

Для сложных многофункциональных систем принято использовать схемно-функциональный метод, который дает возможность совершать анализ системы с оценкой вероятности выполнения заданных функций в условиях образования разнообразных отказов отдельных элементов. Табличный метод оценки используют для оценки надежности, для оценки схемной безотказности возможных конструктивных вариантов систем и для выявления показателей безотказности выбранного типа системы, а также оценки соответствия их заданным требованиям по надежности. Данный метод позволяет учесть возможную зависимость отказов компонентов на работоспособность системы. При расчете показателей надежности строится таблица несовместных состояний системы, устанавливаются функции безотказности системы и подсчитываются вероятности надежной работы. Условия, при которых табличный метод может быть использован – это:

- отказы частей системы зависимы;
- работоспособность рассматриваемой системы обуславливается порядком возникновения во времени отказов ее частей;
- наработка до отказа части распределена по экспоненциальному закону;
- сумма произведений интенсивности отказов частей системы на требуемое время безотказной работы менее единицы.

Методы, разобранные выше, дают возможность достаточно достоверно осуществлять определение показателей надежности ФС на этапах проектирования и сертификации ВС и требуют существенной доработки для оценки надежности систем по результатам массовой

эксплуатации. Наиболее гибкий метод – это метод логических схем. Логические схемы наглядно показывают связь возможных отказов частей системы. Относительно просто на их основе выявляется функциональная значимость элементов, и выводятся аналитические зависимости для расчета показателей надежности систем.

Для построения логических схем сложных систем используются матрицы состояния системы. Источником информации об отказах ФС самолета, которые могут возникнуть, являются результаты исследования принципиальных схем работы ФС, их элементов, сведения об отказах, содержащиеся в материалах обработки картотек отказов и неисправностей АТ, материалы расследования АП, лабораторных, стендовых и летных испытаний.

Так же существует метод вероятностной оценки уровня безопасности полетов, в котором используется метод ранжирования особых ситуаций путем применения:

- методов экспертной оценки ОС при отказах функциональной системы;
- расчетных методов, основанных на оценке степени опасности особой ситуации по значению определяющего параметра с учетом времени на парирование экипажем последствий отказа;
- методов статистических испытаний, подразумевающих осуществление имитации особых ситуаций на макетах или тренажерах с анализом событий, которые возникли впоследствии.

Для анализа степени опасности особых ситуаций на стадии массовой эксплуатации самолета можно принять, что парирование воздействия отказа на самолет выполняется в полном соответствии с указаниями РЛЭ (идеальная модель экипажа). В этом случае будет получена наиболее достоверная оценка результата действий экипажа по парированию отказа ФС, поскольку в РЛЭ входят результаты полной совокупности исследований поведения самолета при отказах ФС.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зубков Б.В., Прозоров С.Е.** *Безопасность полётов: учебник для вузов* / под ред. Б.В. Зубкова. М.: МГТУ ГА, 2011.

ASSESSMENT METHODS OF CONFORMITY WITH FUNCTIONAL AIRCRAFT SYSTEMS TO AIRWORTHINESS REQUIREMENTS

Dashkov I.D.

This article discusses issues related to the conformity assessment of functional systems of aircraft to airworthiness requirements of aircraft, provides a detailed analysis of each of them, as well as considers their effectiveness during the operational phase.

Keywords: aircraft, functional systems, the airworthiness of aircraft, functional failure, the degree of danger.

REFERENCES

1. **Zubkov B.V., Prozorov S.E.** *Bezopasnost' poljotov: uchebnik dlja vuzov*. Pod red. B.V. Zubkova. M.: MGTU GA. 2011. (In Russian).

Сведения об авторе

Дашков Иван Дмитриевич, 1990 г.р., окончил МГТУ ГА (2013), аспирант МГТУ ГА, область научных интересов – эксплуатация летательных аппаратов.