

УДК 629.735.017.083

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ

А.С. АГЕЕВ

Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.

Разработка методологических принципов оценки соответствия функциональных систем (ФС) воздушных судов (ВС) требованиям Норм летной годности (НЛГ), включающих оценку особых ситуаций при отказах и неисправностях отдельных функциональных систем и методику ранжирования функциональных систем по требованиям безопасности.

Ключевые слова: методика, требования, вероятность, особая ситуация.

1. Особенности оценки функциональных отказов систем непрерывного и эпизодического действия

Функционально-надежностная оценка соответствия систем ВС требованиям НЛГ рассмотрена для случая системы, которая включается в работу только в том случае, когда возникает событие A . Например, противообледенительная система включается только при попадании ВС в условия обледенения (событие A).

Вероятность отказа системы за время типового полета будет равна

$$Q_c\left(T + \frac{\tau}{T}\right) = 1 - \frac{P_c(T + \tau)}{P_c(T)},$$

где $(T, T + \tau)$ - время и отрезок времени непоявления особой ситуации.

Очевидно, что особая ситуация в полете возникает при отказе системы с вероятностью

$$Q_i^* = Q_c\left(T + \frac{\tau}{T}\right)P(A), \quad (1)$$

где $P(A)$ - вероятность появления события A .

Отсюда получаем условие, определяющее вероятность безотказной работы системы

$$\frac{Q_i^*}{P(A)} \geq \frac{1}{\tau} \left[1 - \frac{P(T + \tau)}{P(T)} \right] \quad (2)$$

или

$$\frac{Q_i^*}{\tilde{P}(A)} \geq 1 - \frac{P(T + \tau)}{P(T)}, \quad (3)$$

где $\tilde{P}(A) = \frac{1}{\tau}P(A)$ можно рассматривать как интенсивность появления события A .

Покажем, что соотношение (3) равносильно условию появления отказа системы за фактическое время ее работы τ_ϕ в течение типового полета τ .

В соответствии с допущениями, правую часть неравенства (3) можно записать в виде

$$1 - \frac{P(T + \tau)}{P(T)} = \wedge(T)\tau, \quad (4)$$

где $\wedge(T) = \frac{\Delta n}{N_T \tau}$, т.к. $\tau \ll T$.

Здесь Δn - количество отказавших систем за время τ из N , находящихся под наблюдением; N_T - количество исправных систем к моменту времени T .

Если вместо τ выбрать фактическое время работы τ_ϕ , то

$$\wedge_\phi(T) = \frac{\Delta n}{N_T \tau_\phi} \quad (5)$$

или

$$\wedge_\phi(T) = \frac{\Delta n}{N_T \tau} \cdot \frac{\tau}{\tau_\phi}. \quad (6)$$

Но отношение $\frac{\tau_\phi}{\tau} = \tilde{P}(A)$.

Теперь имеем

$$\wedge_\phi(T) = \frac{\wedge(T)}{\tilde{P}(A)}. \quad (7)$$

Рассмотрим равенство (4) при условии, что вместо τ выбрано τ_ϕ .

Тогда

$$1 - \frac{P(T + \tau)}{P(T)} = \wedge_\phi(T) \tau_\phi. \quad (8)$$

С учетом равенства (7) получаем

$$1 - \frac{P(T + \tau_\phi)}{P(T)} = \frac{\wedge(T)}{\tilde{P}(A)} \cdot \tau_\phi = \frac{\wedge(T)}{\tilde{P}(A)} \cdot \frac{\tau_\phi}{\tau} \tau = \wedge(T) \tau, \quad (9)$$

т.е.

$$1 - \frac{P(T + \tau_\phi)}{P(T)} = \wedge(T) \tau \leq \frac{\bar{Q}_i^*}{\tilde{P}(A)}. \quad (10)$$

Следовательно, для систем эпизодического действия так же, как и для систем непрерывного действия, можно при оценке их соответствия требованиям НЛГ выбирать в качестве характерного времени время типового полета. Однако при этом допускаемые интенсивности появления особых ситуаций следует делить на фактическое время работы, отнесенное к продолжительности типового полета, или же на интенсивность появления факторов, при которых система включается.

2. Основные принципы построения структурных схем функциональной надежности систем ВС

В соответствии с основными положениями теории сложных систем, изложенными в [3], при декомпозиции любой подобной системы на более простые подсистемы должны соблюдаться требования иерархичности и однозначности соответствия целей и критериев оценки.

Используя требования в [3], была разработана методика ранжирования функциональных систем (ФС) по требованиям безопасности полетов.

Любая ФС рассматривается как подсистема сложной системы, которой является ВС. При этом ФС предназначена для обслуживания некоторых потребителей, которыми являются элементы конструкции, звенья ВС.

Ранг ФС S_i определен как появление особых ситуаций полета C_i , определенных Нормами летной годности, при отказе ФС.

Ранг ФС S_i принимается равным наибольшему рангу потребителя $П_i$ среди группы потребителей, обслуживаемых функциональной системой.

Введено понятие ранга ФС на первом и втором уровнях. Это позволило дать однозначную оценку вероятности отказа ФС, вызывающей появление C_i особой ситуации полета.

Для систем ранга S_i на первом уровне должно выполняться условие

$$F(S_i) < Q^*(C_i), \quad (11)$$

где $F(S_i)$ - вероятность отказа функциональной системы;

$Q^*(C_i)$ - нормируемое значение появления C_i особой ситуации полета при функциональном отказе.

Для системы ранга S_i на втором уровне вероятность отказа системы $F(S_j)$ не должна превышать

$$F(S_j) < \frac{Q^*(C_i)}{P(A)}, \quad (12)$$

где $P(A)$ - вероятность появления события A , при котором в случае отказа системы возникает особая ситуация полета C_i .

В соответствии с правилом однозначности для сложной системы при построении структурных схем надежности ФС ВС следует рассматривать такие состояния комплектующих ее элементов, которые вызывают появление R_i состояний ФС, отвечающих рангу S_i системы.

При этом точно так же, как при ранжировании системы, следует рассматривать состояния элементов на первом, втором и K - уровнях.

Последнему условию соответствует следующее требование – необходимо анализировать не только влияние состояния данного элемента на состояние ФС, но и рассматривать возможность одновременного появления у нескольких элементов различных состояний и последствий, к которым их появление может привести.

Например, ν -й элемент может находиться в состояниях ν_i и ν_j . Состоянию ν_i этого элемента отвечает R_i состояние ФС, состоянию же ν_j отвечает состояние R_j . При этом по последствиям $R_i > R_j$.

Аналогично для μ -го элемента возможны также некоторые состояния μ_i и μ_j , соответствующие состояниям ФС R_i и R_j .

Из последнего требования вытекает, что необходимо учитывать не только состояния элементов ν_i и μ_i , но и совместное появление состояний ν_j и μ_j , если только при этом состояние ФС из R_j переходит в R_i .

В соответствии с основным допущением, принятым при ранжировании ФС на втором уровне, для однозначности оценки следует считать одновременное появление состояний ν_j и μ_j как появление независимых событий.

Конечная цепь построения схем функциональной надежности систем ВС состоит в том, чтобы проверить, удовлетворяет ли система требованиям НЛГ.

Выводы

В настоящее время, несмотря на классификацию особых ситуаций НЛГ, статистический учет таких ситуаций не предусмотрен существующим положением о классификации и рассле-

довании авиационных происшествий (АП) в ГА РФ, что затрудняет проведение контроля за соответствием ВС НЛГ в процессе эксплуатации.

Применяемые статистические показатели для анализа безопасности полетов (БП) в ГА РФ не могут быть использованы для оценки соответствий ВС НЛГ, в которых приведены нормируемые вероятности появления особых ситуаций.

Разработанные методики вычислений нормативных и действительных значений критериев БП на различных этапах создания и эксплуатации ВС согласованы с НЛГ и базируются на системном подходе с учетом человеческого фактора.

При определении показателей БП, осуществляющих связь АП и инцидентов (ИН) с НЛГ, используются методы, разработанные в теории вероятности, теории надежности, математической статистике и других науках.

Применение предлагаемых вероятностных показателей позволяет: производить количественную оценку уровня БП, оценивать степень опасности неблагоприятных факторов, оценивать эффективность мероприятий до практической их реализации, задавать требования к надежности авиационной техники и подготовке авиационного персонала исходя из обеспечения заданного уровня БП, прогнозировать состояние БП на предстоящий период.

ЛИТЕРАТУРА

1. **АП-29.** Нормы летной годности воздушных судов транспортной категории (АП-25): авиационные правила: утв. приказом Минтранса РФ от 05.07.1994 г. № 48.
2. **Зубков Б.В., Прозоров С.Е.** Безопасность полетов: учебник. - Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2013.
3. Разработка методики ранжирования функциональных систем воздушных судов по их влиянию на безопасность полетов; рук. Воробьев В.Г. № ГР 01820090380.

METHODOLOGICAL PRINCIPLES FOR ASSESSMENT OF COMPLIANCE OF THE FUNCTIONAL SYSTEMS OF THE AIRCRAFT WITH AIRWORTHINESS REQUIREMENTS

Ageev A.S.

Development of methodological principles of the conformity assessment of the functional systems of the aircraft with the requirements of airworthiness including assessment of specific situations at the failure, malfunction of some functional systems and ranking methodology of the functional systems based on the safety requirements.

Key words: the methodology, requirements, probability, special situation.

Сведения об авторе

Агеев Александр Сергеевич, 1984 г.р., окончил МГТУ ГА (2010), аспирант МГТУ ГА, автор 4 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов, определение уровня безопасности полетов и летной годности в авиапредприятиях при техническом обслуживании.