

УДК 629.7.052; 629.7.062.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИНОСТРАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

И.В. СПИЧЕНКО

Статья предоставлена доктором технических наук, профессором Логвиным А.И.

В настоящей работе рассматривается вопрос сравнительного анализа отечественных и иностранных показателей эксплуатационной надежности авиационной техники.

Ключевые слова: надежность авиационной техники, интенсивность отказов, средняя наработка на отказ.

1. Необходимость постоянного мониторинга показателей надежности АТ

В современной авиации на первом месте стоит безопасность и экономическая целесообразность эксплуатации авиационной техники, следовательно, актуальным вопросом является необходимость постоянного наблюдения и оценки показателей надежности, учитывая современные тенденции их развития.

Мониторинг надежности основывается на отслеживании параметров надежности в сравнении с сигнальным и целевым уровнями. Целью такой системы является своевременное определение отрицательных тенденций и тревожных сигналов для принятия соответствующих мер по восстановлению принятых характеристик.

В процессе эксплуатации необходимо постоянно оценивать фактический уровень надежности изделий авиационной техники. Под уровнем надежности изделий понимается фактическое численное значение какой-либо характеристики надежности, полученное для рассматриваемого интервала наработки этого изделия.

Для оценки уровня надежности конкретного образца изделия необходимо собрать и обработать соответствующие данные по большому числу однотипных изделий. Главным условием надежности изделия является организация и осуществление правильного сбора и обработки статистики отказов.

В гражданской авиации установлена специальная система сбора и обработки данных об отказах и неисправностях авиационной техники. Она обеспечивает ИАС полной и достоверной информацией с целью организации и проведения работ по повышению надежности АТ, предотвращению авиационных инцидентов по причинам неисправности АТ, повышения экономической эффективности ее эксплуатации.

Эта система является основным источником информации для решения задач по предотвращению отказов при эксплуатации и разработке требований к промышленности по повышению надежности АТ. В системе сбора и обработки учета подлежат все отказы, обнаруженные экипажем в полете и на земле, а также выявленные при техническом обслуживании.

2. Сравнительная оценка некоторых показателей эксплуатационной надежности отечественной и зарубежной АТ

2.1. Интенсивность отказов

Интенсивность отказов – это характеристика, оценивающая скорость появления отказов среди исправных в данный момент изделий.

Так как получить значения интенсивности отказов эксплуатируемого объекта не представляется возможным, мы воспользуемся значением интенсивности отказов по среднему значению параметра потока отказов объекта за определенный интервал времени эксплуатации $\omega(t)$.

Параметр потока отказов есть математическое ожидание числа отказов, приходящееся на один час суммарной наработки большого числа изделий в момент времени t .

Определим это значение по формуле

$$\omega(t) = \frac{n(t)}{t_{N\Sigma}(t)}, \frac{1}{T},$$

где $n(t)$ - число отказавших блоков за время наработки t .

Так как при отказе данного блока он заменяется на новый, а не восстанавливается, то среднее значение параметра потока $\omega(t)$ отказов приблизительно равняется интенсивности отказов $\lambda(t)$.

$$\omega(t) \approx \lambda(t) \approx \lambda = const.$$

Иностранном аналогом параметра потока отказов является:

URR (Unscheduled Removal/неплановое снятие агрегата) который рассчитывается как незапланированное снятие агрегата на 1000 ч.

$$URR = 1000 \times [\text{неплановые снятия/наработка}].$$

Необходимо отметить, что в иностранной эксплуатации «неплановое снятие» агрегата подразумевает, что он не соответствует хотя бы одному из заявленных, что в отечественной технике и является отказом.

Так же используется аналогичный показатель, но относительно надежности строго определенных компонентов, например, рассчитывается надежность генераторов на борту исходя из количества данных генераторов на ВС и их суммарной наработке.

ComponentURR (Component Unscheduled Removal Rate/неплановый съём компонента на 1000 ч).

Неплановый съём компонента рассчитывается как общее число неплановых снятий этого компонента, деленное на суммарную наработку всех компонентов данного типа

$$\text{Component UUR} = 1000 \times [\text{неплановые снятия/наработка агрегата} \times QPA],$$

где QPA – количество агрегатов данного типа на самолете.

2.2. Средняя наработка на отказ/съём

Средняя наработка на отказ невосстанавливаемых изделий есть среднее время суммарной наработки большого числа однотипных изделий на малом интервале времени, приходящееся на один отказ на этом интервале времени

$$T_C(t) = \frac{1}{\lambda(t)} \text{ ч.}$$

Вероятность безотказной работы ВБР $p(t)$ изделия есть вероятность того, что за определенный рассматриваемый период наработки t в заданных условиях эксплуатации оно не откажет

$$p(t) = e^{-\omega t},$$

где t – интервал времени одного полета, равный 1 ч.

Противоположным событию безотказной работы является событие отказа $p(t)$

$$q(t) = 1 - p(t).$$

В соответствии с методикой показатель безотказности оценивается средней наработкой на отказ (T_O) или на съём (T_C) изделия с борта. Среднестатистические значения показателей надежности, т.е. точечная оценка наработки на отказ (T_O) и средняя наработка на съём (T_C) представлены ниже

$$T = T_{\Sigma} \text{ м/н,}$$

где T_{Σ} – суммарный налет парка за рассматриваемый период, ч; m – количество блоков данного типа на самолете; n – суммарное количество событий (отказов или съемов) блоков за рассматриваемый период.

Если суммарное количество событий (отказов или съемов) блоков за рассматриваемый период $n=0$, то $T = T_{\Sigma} \cdot m/0,69$ (по ГОСТ В 20.57.404).

Для принятия решения о соответствии уровня эксплуатационной надежности заданным требованиям производится определение границ доверительного интервала с заданной доверительной вероятностью.

Границы, за пределы которых определяемый параметр, полученный по ограниченному числу наблюдений, не выйдет с наперед заданной вероятностью при неограниченном возрастании числа наблюдений определяются при помощи таблиц.

При числе отказов (съемов) больше нуля нижняя и верхняя границы показателей надежности определяются по формулам:

$$T_H = R2 \cdot T; \quad T_B = R1 \cdot T,$$

где T_H – нижняя граница показателя; T_B – верхняя граница показателя; T – среднестатистическое значение показателя надежности (точечная оценка наработки на отказ (T_O) или на съем (T_C)); коэффициенты $R1, R2$ определяются по таблицам по известному значению числа событий (отказов/съемов) и выбранной доверительной вероятности α . Значение доверительной вероятности принимаем $\alpha = 0,9$.

Средней наработке на съем (T_C) соответствует **MTBUR** (Mean Time Between Unscheduled Removal/среднее время между незапланированными снятиями агрегатов), рассчитывается как $MTBUR \text{ в ч} = 1000 / URR$, т.е. мы получаем среднее время суммарной наработки до съема агрегата.

Средней наработке на отказ (T_O) соответствует **MTBF** (Mean Time Between Failure/среднее время между сбоями), считается как сбой на 1000 ч.

Также **MTBF** можно рассчитать через рейтинг сбоев

$$Failure \ Rate = URR \times K,$$

где K – пропорция между незапланированным снятием и реальными сбоями, она подсчитывается статистически и представлена в виде таблицы по основным разделам технической документации **АТА** (aircraft technical association/авиационная техническая ассоциация) (табл. 1).

Таблица 1

Вид оборудования	“К”-фактор	Вид оборудования	“К”-фактор
Структура	0,99	Электроника	0,60
Механика	0,88	Система возд. сигн.	0,70
Пневматика	0,65	Инерционная сист.	0,70
Электрооборудование	0,75	Автопилот	0,75
Электромеханическое	0,80	Навигационное	0,60
Гидроэлектрическое	0,65	Приборное	0,75
Электропневматическое	0,70	Покрышки шасси	0,98

Из табл. 1 видно, что наивысший показатель K приходится на колеса, тормоза и механические узлы и части, соответственно эти компоненты будут иметь меньшее среднее время на отказ.

Сигнальным уровнем для доверительного интервала и иностранной технике является **Alert Levels** (сигнальный уровень), указывает на превышение по какому-либо параметру (например, по URR) минимально допустимого уровня надежности. Сигнальный уровень пересчитывается каждый месяц при поступлении новых данных. Каждое значение равно среднему плюс 3 стандартных отклонения.

3. Критические различия между отечественными и иностранными показателями надежности

Таким образом, можно найти ряд различий между отечественными и иностранными показателями эксплуатационной надежности:

- для иностранной техники при эксплуатации все изделия считаются не восстанавливаемыми, таким образом, они отказываются от ряда параметров, например, таких как *параметр потока отказов*. А это значит, что после ремонта у иностранцев изделие считается новым, а в отечественной технике наработка продолжает возрастать, что учитывает износ материалов, не связанных с причиной предыдущего отказа;
- в иностранных показателях среднее время на отказ или на сьем, а также интенсивность отказов приводится на 1000 ч, что визуально упрощает восприятие для инженерно-технического состава, но усложняет расчеты других показателей надежности, чем снижает их точность;
- упразднение такого понятия как «отказ» и переход на более простое «*неплановый сьем агрегата (Unscheduled Removal)*» либо «*ошибка (Failure)*» унифицирует показатели надежности.

Из сравнительного анализа некоторых параметров эксплуатационной надежности и критического поиска различий между отечественными и иностранными показателями можно сделать вывод, что отечественные показатели являются наиболее информативными и конкретно применимыми к любой авиационной технике для повышения безопасности регулярности и экономичности при эксплуатации воздушных судов гражданской авиации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. Надежность и техническая диагностика авиационного оборудования. – М.: МГТУ ГА, 2010.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в авиационной технике. Основные понятия и определения.
3. Константинов В.Д. Методические указания к разработке раздела дипломного проектирования. – М.: МГТУ ГА, 2013.
4. **Reliability report 2013** Bombardier Dash-8 а/к «Сахалинские авиатрассы».

COMPARATIVE ANALYSIS OF RUSSIAN AND FOREIGN RELIABILITY INDEXES FOR AIRCRAFTS

Spichenko I.V.

This article discusses identifying comparative analysis of Russian and foreign reliability indexes for aircraft.

Keywords: reliability of aircraft, unscheduled removal rate, mean time between failure.

Сведения об авторе

Спиченко Игорь Валерьевич, 1989 г.р. окончил МГТУ ГА (2012), аспирант МГТУ ГА, автор 4 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация авиационного электрооборудования, надежность авиационного электрооборудования.