

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ ЭКИПАЖЕМ САМОЛЕТА АН-24

Выполнен статистический анализ безопасности парка однотипных самолетов в период эксплуатации с использованием n -метода.

Ключевые слова: безопасная эксплуатация, анализ нарушений, предвестники аварий.

Один из важных аспектов системного анализа безопасности сложных технических объектов при эксплуатации связан с обоснованием наиболее тяжелых нарушений для последующей выработки эффективных корректирующих воздействий. Эта задача является основной в рамках оперативного управления безопасностью технических систем в условиях ограниченности ресурсов. В такой ситуации орган оперативного управления безопасностью или лицо, принимающее решение, в первую очередь должны вкладывать средства в устранение коренных причин, наиболее существенных именно для безопасности нарушений.

Нарушения эксплуатации технической системы с наиболее высокими значениями рейтинга (т. е. с наибольшими значениями вероятности перехода нарушения в аварию) за некоторый фиксированный период эксплуатации называются предвестниками аварии [1]. Таким образом, поставленная задача выделения важных для безопасности объекта нарушений может быть переформулирована в аспект определения предвестников аварий. Введение в практику анализа безопасности нарушений – предвестников аварий решает важную задачу раннего предупреждения аварий, т. е. прогнозирования безопасности.

На практике выделение нарушений – предвестников аварии удобно проводить с помощью контрольной карты безопасности, под которой понимают отображение последовательности нарушений в виде временного ряда значений рейтинга нарушений на координатную сетку [1]. Контрольная карта безопасности обеспечивает накопление информации о нарушениях и наглядном выделении нарушений-предвестников аварии.

Формат контрольной карты представляет собой координатную сетку, по горизонтальной оси которой откладывают периоды наблюдений (эксплуатации) T , а по вертикальной – число нарушений нормальной эксплуатации (ННЭ) за этот промежуток эксплуатации. Кроме того, на контрольной карте указывают центральную линию, которая характеризует среднее число ННЭ за период наблюдений, и две контрольные границы – нижнюю LCL и верхнюю UCL , характеризующие предельные границы для процесса изменения числа ННЭ в случае действия случайных причин.

Расчет значений LCL и UCL основывается на предположении, что число ННЭ подчиняется биномиальному распределению, а контрольные границы находятся на расстоянии $\pm 3\sigma$ от центральной линии, где $\sigma^2 = n(1-q)$ – выборочная дисперсия числа ННЭ. Таким образом, получим следующие формулы:

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{k}; \quad (1)$$

$$LCL = \bar{n} - 3\sqrt{\bar{n}(1-q)} \geq 0; \quad (2)$$

$$UCL = \bar{n} + 3\sqrt{\bar{n}(1-q)} \geq 0, \quad (3)$$

где k – число периодов эксплуатации T , по которым строится контрольная карта; N – объем парка, который принимается постоянным.

Если в результате расчета $LCL < 0$, то при построении контрольной карты принимается, что $LCL = 0$. Если в результате анализа значений числа ННЭ выявилось, что на каком-то отрезке эксплуатации $T_i (i = 1, \dots, k)$ число ННЭ n_i превышает контрольную границу, то этот факт свидетельствует о том что, безопасность парка объектов снижена и необходимы корректирующие меры для изменения ситуации в лучшую сторону.

Если в нормативной документации задано критериальное значение $[n] = n_0$, то линии на контрольной карте вычисляются по формулам:

$$1) \text{ центральная линия: } \bar{n} = n_0;$$

$$2) LCL = n_0 - 3\sqrt{n_0(1-q_0)};$$

$$3) UCL = n_0 + 3\sqrt{n_0(1-q_0)}, \text{ где } q_0 = \frac{n_0}{N}.$$

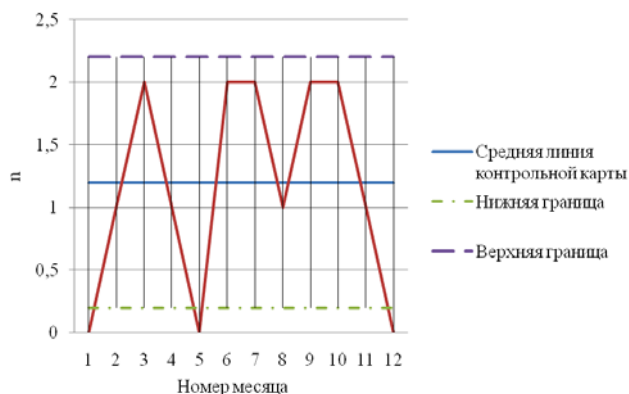
Эти контрольные границы могут быть использованы для анализа будущих периодов эксплуатации. До тех пор, пока значения $n_i (i > k)$ находятся в контрольных границах, можно с высокой вероятностью полагать, что процесс эксплуатации (в аспекте безопасности) находится в управляемых условиях. В таком случае вряд ли какое-либо усовершенствование может быть произведено без изменения самого процесса эксплуатации. Это очень важный вывод, который помогает лучше понять ответственность за причины низкой безопасности.

Данная методика рассмотрена на примере нарушений действий экипажа при выполнении полета. Все нарушения, совершенные экипажем, приведены в табл. 1 [2].

Каждый месяц в течение года в авиакомпании выполняется расшифровка записей полетной информации 15 экипажей. В результате расшифровок полетной информации были выявлены нарушения работы экипажа при выполнении полета. Распределения нарушений нормальной эксплуатации выполняются по месяцам, в качестве примера в табл. 2 показано распределение нарушений «нет повтора выпуска закрылков на 15° бортмехаником».

Контрольная карта по отмеченному виду нарушения приведена на рисунке. По остальным нарушениям контрольные карты подобны, и нарушения находятся в пределах контрольных границ.

Анализ контрольных карт показывает, что безопасность эксплуатации Ан-24 в целом обеспечивается. Про-



Контрольная карта нарушения «нет повтора выпуска закрылков на 15° бортмехаником»

цесс эксплуатации находится в управляемом состоянии. Нет выбросов оценок нарушений за пределы *UCL*, т. е. нет сигналов о выявлении причин опасных нарушений нормальной эксплуатации.

Библиографические ссылки

1. Александровская Л. Н., Аронов Н. З. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем. М., 2001.
2. Шаймарданов Л. Г. Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации : учеб. справ. / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск. 2004.

Таблица 1

Нарушения действий экипажем при выполнении полета

№	Нарушения действий экипажем	Количество повторов за год
1	Нет повтора выпуска закрылков на 15° бортмехаником	14
2	Нет оценки за 30 м до ВПР бортмехаником	4
3	Нет команды от КВС «садимся»	3
4	В конце полета нет команды от КВС о разборе полетов	12
5	Превышение скорости выпуска шасси за 300 км/ч	4
6	Превышение скорости выпуска закрылков на 15° за 300 км/ч	2
7	Превышение скорости на глиссаде с закрылками 30°	2

Таблица 2

Распределение нарушений «нет повтора выпуска закрылков на 15° бортмехаником»

Номер месяца	Число нарушений	Номер месяца	Число нарушений
1	0	7	2
2	1	8	1
3	2	9	2
4	1	10	2
5	0	11	1
6	2	12	0

P. G. Utenkov

DEVELOPMENT OF TECHNIQUE FOR STATISTICAL ANALYSIS OF SECURITY DURING PERFORMANCE OF FLIGHTS BY PLANE AN-24 CREW

In the work the author performs statistical analysis of safety of one-type planes park during exploitation period with the use of n-method.

Keywords: safe exploitation, violations analysis, breakdown harbingers.

© Утенков П. Г., 2011