

ОБЩИЙ ПОДХОД К КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

В. А. Осташкевич

В настоящее время для оценки уровня безопасности полетов (БП) на этапе эксплуатации нашли применение статистические показатели. Эти показатели бывают общими и частными, абсолютными и относительными. Общие показатели (число АП, ИН, катастроф, жертв и др.), характеризующие БП в целом, частные (число АП по j- той причине или на i-том этапе) - по конкретным причинам или на определенном этапе. Более универсальными являются относительные показатели БП, в которых количество событий с ВС дается на определенный объем наработки или выполненных работ (1):

$$K_{fl} = \frac{n_{fl}}{L_f} \quad (1)$$

где n_{fl} - число АП; L_f - объем работ (наработка); f - индекс вида события; l - индекс типа ВС.

Эти показатели использует и международная организация ГА (ИКАО), например, количество катастроф на 100 млн. км полета:

$$K_{fl} = \frac{n_k}{L} \cdot 10^8 \quad (2)$$

где n - число катастроф; L - налет в км.

Статистические показатели БП являются объективными критериями и в этом их главная ценность. Вместе с тем эти критерии имеют и ряд существенных недостатков: они оценивают БП уже после совершения АП; не могут быть использованы для прогнозирования уровня БП, так как не учитывают особенностей новой техники, изменения условий ее эксплуатации, не позволяют определить степень опасности неблагоприятных факторов и их влияние на БП и, следовательно, не могут быть использованы при отыскании эффективных путей предотвращения АП, еще до их практической реализации. Поэтому автор предлагает для этих целей использовать следующие подходы и критерии оценки БП.

В данной статье основное внимание уделено проблемам обеспечения безопасности полетов, связанных с возможными отказами АТ. Такие отказы появляются в случайные моменты времени на разных этапах и подэтапах полета. На каждом из этих этапов (подэтапов) вероятность отказа техники будет зависеть не только от длительности этапа, но и от режима работы той или другой системы (агрегата), а условная вероятность парирования последствий отказа - от условий полета (скорости и высоты полета,

перегрузки, метеоусловий и др.). Это значит, что от этапа к этапу полета в общем случае будут изменяться как вероятность безотказной работы "S" или отказов авиационной техники "q", так и условные вероятности, парирования "p" или непарирования "r" их последствий. Таким образом, вероятность благоприятного "P_{бл}" или неблагоприятного исходов полета Q на любом этапе полета определяется:

$$P_{бл} = S+qr$$

$$Q=qr \tag{3}$$

С целью дальнейшего развития критериев безопасности полетов гражданских воздушных судов автором статьи предложен новый подход к обработке ежегодных статистических данных, характеризующий любую авиационную транспортную систему и заключающийся в следующем.

До настоящего времени все данные по тяжелым авиационным происшествиям приводились в виде зависимости от количества АП по годам эксплуатации (рис. 1), что не позволяло сделать какие-либо серьезные выводы об уровне безопасности а позволяло лишь судить о том, что процесс является чисто случайным и имеется тенденция к снижению катастроф (К) и АП со списанием ВС и их стабилизации. Существуют трудности в объективной оценке по названным критериям при сравнении различных регионов, стран авиакомпаний по общему парку и типам воздушных судов.

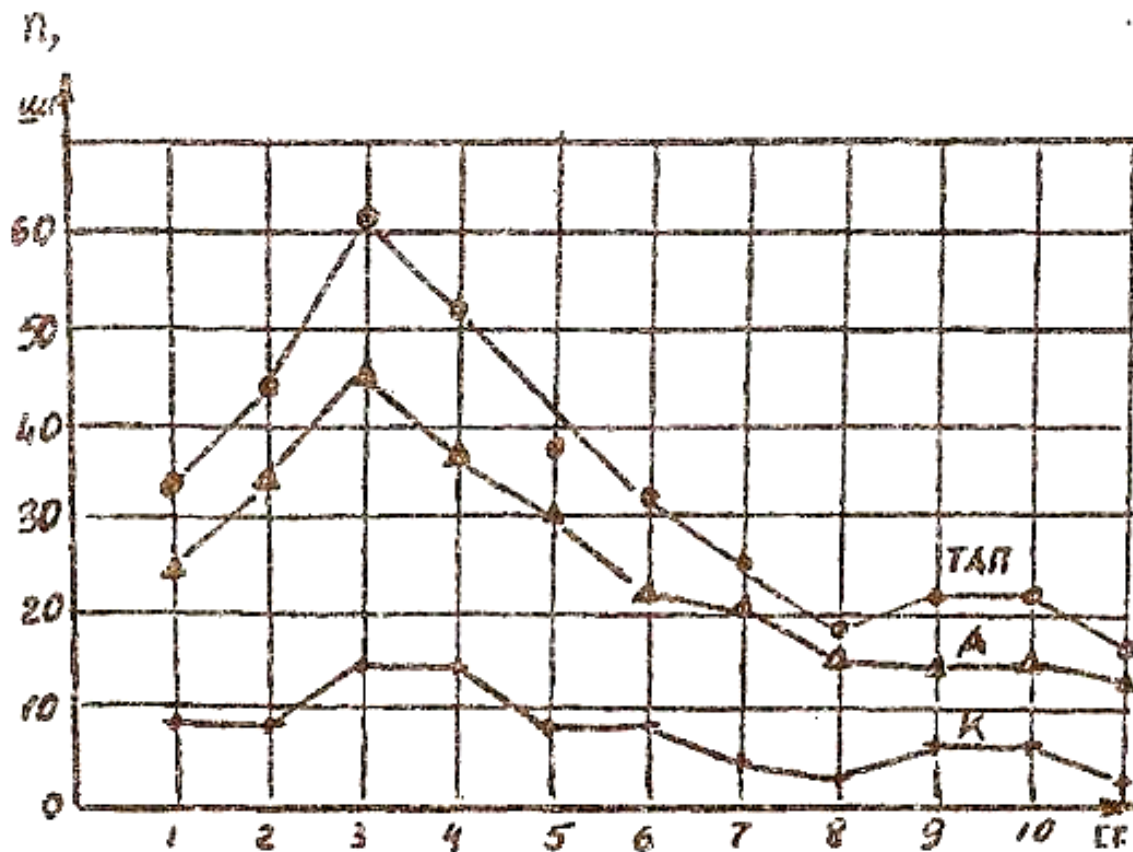


Рис. 1. Изменение показателя БП по годам эксплуатации

Поясним предложенный критерий оценки (рис. 2). Строится график в координатных осях ΣK , ΣA и $\Sigma TAП$, т.е. координаты точек равны: точка 1 - $(K_1; K_1+A_1)$; точка 2 - $(K_1+K_2); (K_1+A_1+K_2+A_2)$ и т.д., где K - количество катастроф, A - количество АП без человеческих жертв со списанием ВС, Π - $(k_1+k_2+\dots+k_n); (k_1+k_2+\dots+k_n+A_1+A_2+\dots+A_n)$.

В общем виде для точки n имеем:

$$n = \left[\left(\sum_{i=1}^n K_i \right); \left(\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i \right) \right] \quad (4)$$

Те же самые рассуждения делаем для графика А.

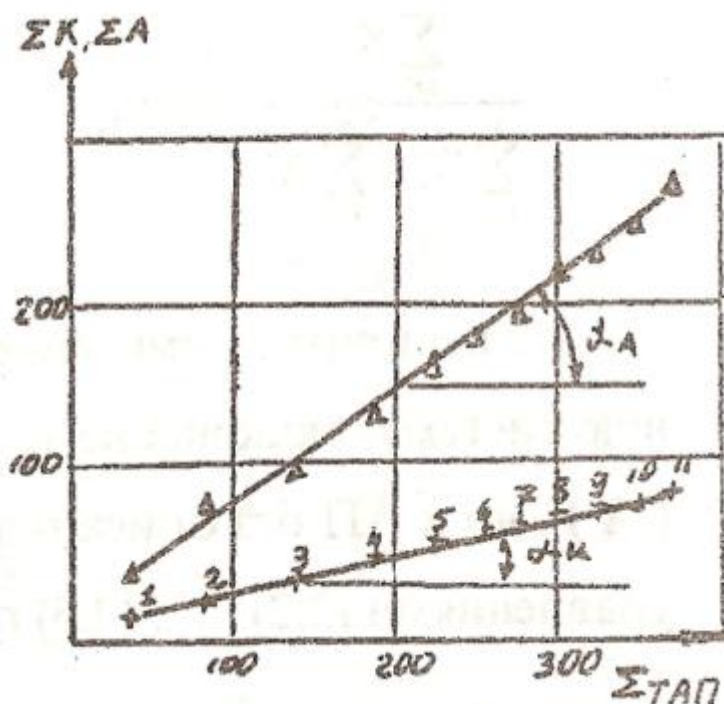


Рис. 2. Определение обобщенного критерия БП

Как видно из рис. 2, с большей степенью точности можно считать для данных кривых закон распределения линейным, т.е.:

$$\operatorname{tg} \alpha_k \approx \operatorname{const}; \operatorname{tg} \alpha_A \approx \operatorname{const};$$

Как показала обработка статического материала по данным США, ИКАО, Канады, СССР, выведенная закономерность присуща для всех транспортных систем, (линейность характеристики, коэффициент корреляции - 0,999) и позволяет провести сравнение между ними по общему парку и по типам применяемых воздушных судов, сравнивая тангенсы углов наклона для K и A соответственно, рассматривая выражения:

$$\frac{\sum_{i=1}^n K_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i} = \operatorname{tg} \alpha_{K_{\Sigma}} ; \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i} = \operatorname{tg} \alpha_{A_{\Sigma}} \quad (5)$$

Расширим применение нашего метода на авиационную транспортную систему, включая не только катастрофы (К) и АП со списанием ВС (А), но и АП без описания ВС (П), инциденты (ИН). По аналогии с уравнениями (2) - (5) получим следующие зависимости:

$$\frac{\sum_{i=1}^n K_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n \Pi_i + \sum_{i=1}^n \text{ИН}_i} = \operatorname{tg} \alpha_{K_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n \Pi_i + \sum_{i=1}^n \text{ИН}_i} = \operatorname{tg} \alpha_{A_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \Pi_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n \Pi_i + \sum_{i=1}^n \text{ИН}_i} = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n \text{ИН}_i}{\sum_{i=1}^n K_i + \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{i=1}^n \Pi_i + \sum_{i=1}^n \text{ИН}_i} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ИН}_{\Sigma}} . \quad (6)$$

$$\text{Обозначим } \xi = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n K_i} ; \psi = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_i}{\sum_{i=1}^n K_i} ; j = \frac{\sum_{i=1}^n \text{ИН}_i}{\sum_{i=1}^n K_i} .$$

После упрощений получим из уравнений (6):

$$\frac{1}{1 + \xi + \psi + j} = \operatorname{tg} \alpha_{K_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{\xi}{1 + \xi + \psi + j} = \operatorname{tg} \alpha_{A_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{\psi}{1 + \xi + \psi + j} = \operatorname{tg} \alpha_{\Pi_{\Sigma}} ,$$

$$\frac{j}{1 + \xi + \psi + j} = \operatorname{tg} \alpha_{\text{ИН}_{\Sigma}} . \quad (7)$$

Вычисление значений $\operatorname{tg} \alpha_{K_{\Sigma}}$; $\operatorname{tg} \alpha_{A_{\Sigma}}$; $\operatorname{tg} \alpha_{\Pi_{\Sigma}}$; $\operatorname{tg} \alpha_{\text{ИН}_{\Sigma}}$ позволяет определить с большой

степенью точности для конкретной авиационной транспортной системы соотношения между К, А, П, ИН и суммой всех этих событий.

На рис. 3 представлены графики для регулярных авиалиний США и Канады, построенные по предложенной автором методике и критерию по данным 1986 - 1996 гг.

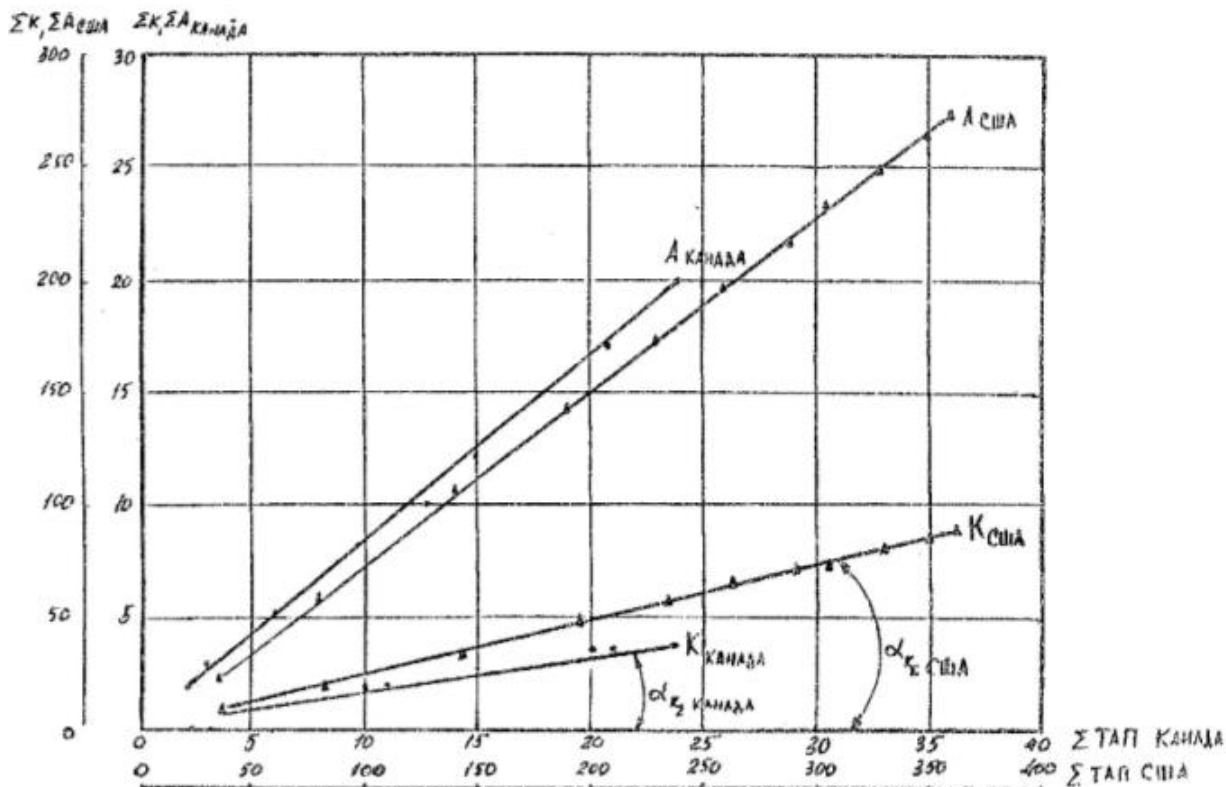


Рис. 3. Графики для регулярных авиалиний США и Канады по данным 1986 – 1996 гг.

(США - $tg\alpha_K = 0,24$, $tg\alpha_A = 0,76$; Канада - $tg\alpha_K = 0,167$, $tg\alpha_A = 0,833$).

Получены значения для США: $\xi = 3,1724$; $tg\alpha_{K_s} = 0,2$. Для Канады получены значения: $\xi = 5$; $tg\alpha_{K_s} = 0,167$. Значения показывает долю ТАП, которые завершились К и свидетельствуют в нашем примере о лучшей выживаемости в Канаде, т.е. из 100 ТАП в США 24 завершились катастрофами и 76 - АП, а в Канаде из 100 ТАП завершились катастрофами 17 и АП – 83.