

Ю.В. Попов

(Научно-исследовательский центр эксплуатации и ремонта авиационной техники;
e-mail: tov_popov@rambler.ru)

ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ПОЛЁТОВ

Выявлены причины авиационных происшествий. Приведены показатели оценки безопасности полётов. Показана необходимость принятия государственной программы обеспечения безопасности авиационных полётов.

Ключевые слова: авиационная транспортная система, безопасность полётов, происшествие, статистические показатели.

Yu. V. Popov

SAFETY INDICATORS OF AVIATION FLIGHTS

The reasons of aviation incidents are revealed. Parameters of an estimation of safety of flights are given. Necessary for state to accept the State program on safety of flights are showed.

Key words: aviation transport system, safety of flights, incident, statistical indicators.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 4 июля 2014 г.

Обеспечение безопасности полётов всегда было и остаётся одной из важнейших проблем на пути развития авиации. В результате **авиационных происшествий (АП)** погибают люди, наносится значительный материальный и моральный ущерб государству, подрывается вера в надёжность авиационной техники, закрадывается сомнение в достаточном уровне подготовки авиационных кадров.

Сложность проблемы обеспечения безопасности полётов состоит в том, что её решение зависит от многочисленных факторов, реализуемых при разработке тактико-технического задания на **воздушное судно (ВС)**, в процессе его проектирования, производства, заводских, государственных испытаний и эксплуатации.

Выполнение полётов на ВС связано с участием широкого круга авиационных специалистов и различной воздушной и наземной техники, которые объединены в **авиационную транспортную систему (АТС)**. АТС является сложной нелинейной динамической системой, которая обладает следующими свойствами: чрезвычайной сложностью, наличием большого числа функциональных подсистем, иерархичностью управления, нестационарностью параметров, стохастичностью поведения, адаптивностью и самоорганизацией. АТС состоит из ряда функциональных подсистем (рис. 1) [1].



Рис. 1. Авиационная транспортная система

Основным звеном АТС является система "экипаж – воздушное судно – среда", которая обеспечивает основную задачу по использованию ВС по назначению. АТС относится к открытым системам со слабыми обратными связями и, как следствие, является потенциально опасной. Требования к устойчивости и управляемости АТС высоки. Каждой подсистеме АТС соответствует свой процесс функционирования, который направлен на решение главной задачи по обеспечению эффективности и безопасности полётов. Управление процессами производится с использованием стратегий эксплуатации: лётной, технической, коммерческой, аэродромной, воздушного движения. Под стратегией эксплуатации понимается совокупность правил, обеспечивающих заданное управление процессом функционирования соответствующей службы для поддержания оптимальных режимов работы.

Сбой в любом звене АТС может привести к АП. На основании статистических данных выявлены причины АП и произведено их ранжирование (рис. 2). Анализ причин АП показывает, что доминирующей является человеческий фактор.

Безопасность полётов определяется надёжным функционированием всех систем АТС. Уровень безопасности полётов оценивается определёнными показателями. Показатели характеризуют изменение состояния безопасности полётов, и потому их правомерно называть также показателями состояния или изменения безопасности полётов.

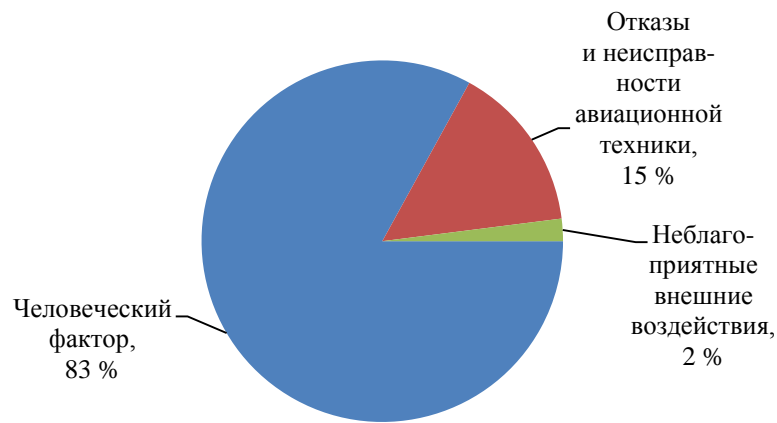


Рис. 2. Диаграмма причин авиационных происшествий

Показатели могут быть статистическими и аналитическими. Статистические показатели обычно выражаются в определённых физических величинах, получаемых в результате обработки данных эксплуатации. Статистические показатели могут быть абсолютными и относительными.

Абсолютные статистические показатели являются первичной информацией о безопасности полётов. Они бывают индивидуальными и суммарными, являются количественной базой всех форм учёта и могут быть показателями потерь [2]:

- количество авиакатастроф;
- количество погибших в авиакатастрофах;
- количество угонов самолётов;
- количество катастроф при взлёте;
- количество катастроф при первоначальном наборе высоты;
- количество катастроф на эшелоне;
- количество катастроф при заходе на посадку;
- количество катастроф при приземлении;
- количество авиакатастроф по странам мира;
- количество погибших в авиакатастрофах по странам мира.

Статистическими являются также и показатели объёма полезной работы (налёт, количество взлётов ВС, количество посадок ВС, количество перевезённых пассажиров и т.п.).

Абсолютные статистические показатели отличаются простотой понимания и формирования. С их использованием можно оценивать общие потери и делать общую оценку состояния безопасности полётов за определённый период.

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) (от англ. ICAO — International Civil Aviation Organization) опубликовала Доклад о состоянии безопасности полётов в 2013 году [3]. В этом докладе используются абсолютные показатели. На рис. 3 приведены сведения о количестве авиационных происшествий и количестве погибших за предыдущие пять лет с ВС с максимальным сертифицированным весом взлёта более чем 5700 кг.

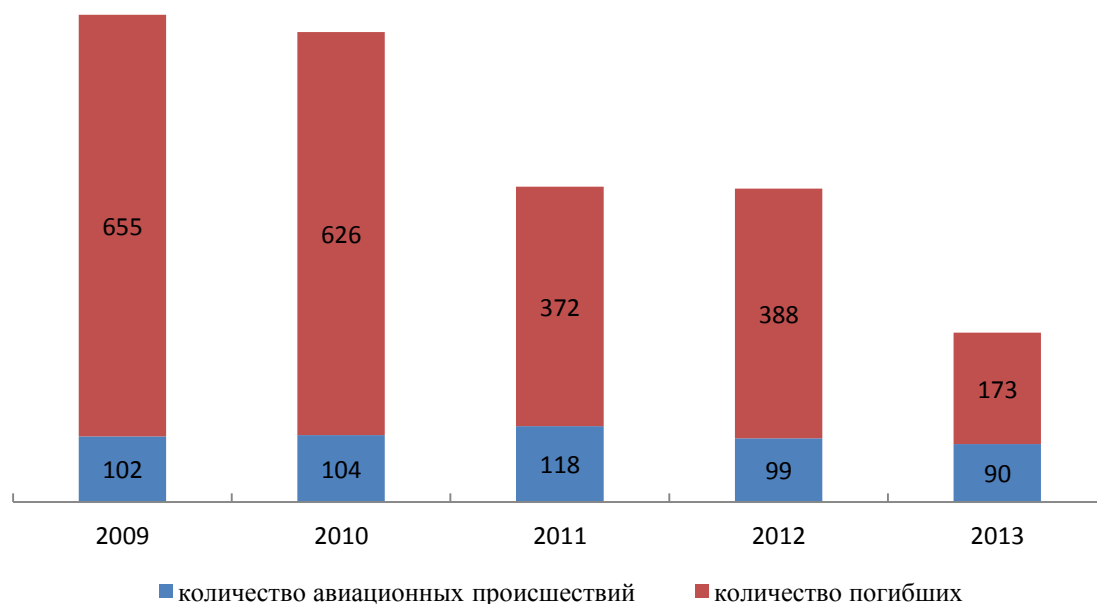


Рис. 3. Абсолютные показатели по авиационным происшествиям с ВС регулярных коммерческих рейсов

Также в Докладе [3] отмечается, что на коммерческих международных и внутренних рейсах перевезено приблизительно 3,1 млрд пассажиров в 2013 г., от 2,9 млрд пассажиров в 2012 г. (за год перевозка пассажиров увеличилось на 10 %).

По данным *Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА)* (от англ. IATA – International Air Transport Association) [4], более 3 млрд людей воспользовались 36,4 млн рейсов (29,5 млн на реактивных воздушных судах и 6,9 млн – на турбовинтовых).

Недостатком абсолютных показателей является их зависимость не только от состояния безопасности полётов, но и от численности парка ВС, общего налёта и других абсолютных данных.

Более универсальными являются *относительные показатели*, в которых число неблагоприятных событий с ВС соотносится с определённым объёмом выполненных ВС полезной работы (налётом, числом перевезённых пассажиров, грузов и т.п.). Значения ежегодных относительных показателей помогает обнаружить тенденции состояния безопасности полётов.

Рассмотрим структуру относительных статистических показателей, возможности их практического использования и некоторые общие тенденции изменения уровня безопасности полётов. Возможны два подхода к формированию относительных показателей.

Первый подход предлагает количественное соотношение полезной работы к понесённым потерям при выполнении этой работы.

В качестве относительных показателей для оценки безопасности полётов используются: **средний налёт** на одно авиационное происшествие – $T_{АП}$, на одну катастрофу – T_K , на один инцидент – $T_{И}$, и обратные величины – количество авиационных происшествий $n_{АП}$ (или катастроф n_K) на условное число часов налёта.

Средний налёт определяется по формулам:

- средний налёт на одно авиационное происшествие

$$T_{АП} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{АП}};$$

- средний налёт на одну катастрофу

$$T_K = \frac{t_{\Sigma}}{n_K};$$

- средний налёт на один инцидент к авиационному происшествию

$$T_{И} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{И}},$$

где t_{Σ} – суммарный налёт парка ВС за анализируемый период;

$n_{АП}$ – общее число авиационных происшествий (катастроф, инцидентов) за анализируемый период.

Наиболее широкое применение при оценке уровня аварийности получил **второй подход**:

$$K_I = \frac{n}{A} D,$$

где n – абсолютное число потерь;

A – полезная работа выполненная парком ВС;

$D = 10^5 \dots 10^8$ – масштабный коэффициент.

В практике стран-членов ИКАО в основном используют следующие показатели:

- количество катастроф на 100 тысяч часов налёта

$$K_K = \frac{n_K}{t_{\Sigma}} 10^5;$$

- количество катастроф на миллион рейсов

$$K_M = \frac{n_K}{M} 10^6,$$

где M – суммарное число рейсов парка ВС за анализируемый период;

- количество погибших на один миллион перевезённых

$$K_{П} = \frac{l_K}{L_{Пас}} 10^6,$$

где l_K – количество погибших в авиакатастрофах;

$L_{Пас}$ – количество перевезённых пассажиров.

Безопасность полётов принято оценивать за определённый период времени (1-, 3- и 5-летний период), с учётом реальных данных по налёту часов и количеству взлётов. Каждый из приведённых показателей обладает специфическими чертами, ограничивающими рамки его применения.

Показатель K_k достаточно универсальный, потому что может использоваться для оценки уровня аварийности при различных видах применения авиации. Данный показатель используют авиационные власти различных стран. В России данный показатель применяется для оценки безопасности полётов в гражданской и государственной авиации. Межгосударственный авиационный комитет использует этот показатель в своих ежегодных отчётах по оценке безопасности полётов в странах СНГ [5]. На рис. 4 представлен относительный показатель – число катастроф на 100 тыс. часов налёта (K_k) – в целом по парку ВС с максимальным сертифицированным весом взлёта более чем 5700 кг за период 1958-2013 гг.

За первые шесть лет эксплуатации ВС коэффициент K_k изменялся хаотично. Такое изменение коэффициента K_k связано с началом эксплуатации ВС с ГТД, АТС для обеспечения полётов такого типа ВС не была сформирована.

С 1964 года по 1990 год коэффициент K_k стабилизировался. Это объясняется тем, что при правильной постановке лётной и технической эксплуатации ВС, обеспечения и управления полётами показатель числа катастроф на 100 тыс. часов налёта снижается за счёт постепенного совершенства конструкции и оборудования ВС, наземных средств обеспечения полётов (модификация, доработки), а также повышения квалификации авиационного персонала. В этот период осуществлялся государственный контроль и управление безопасностью полётов.

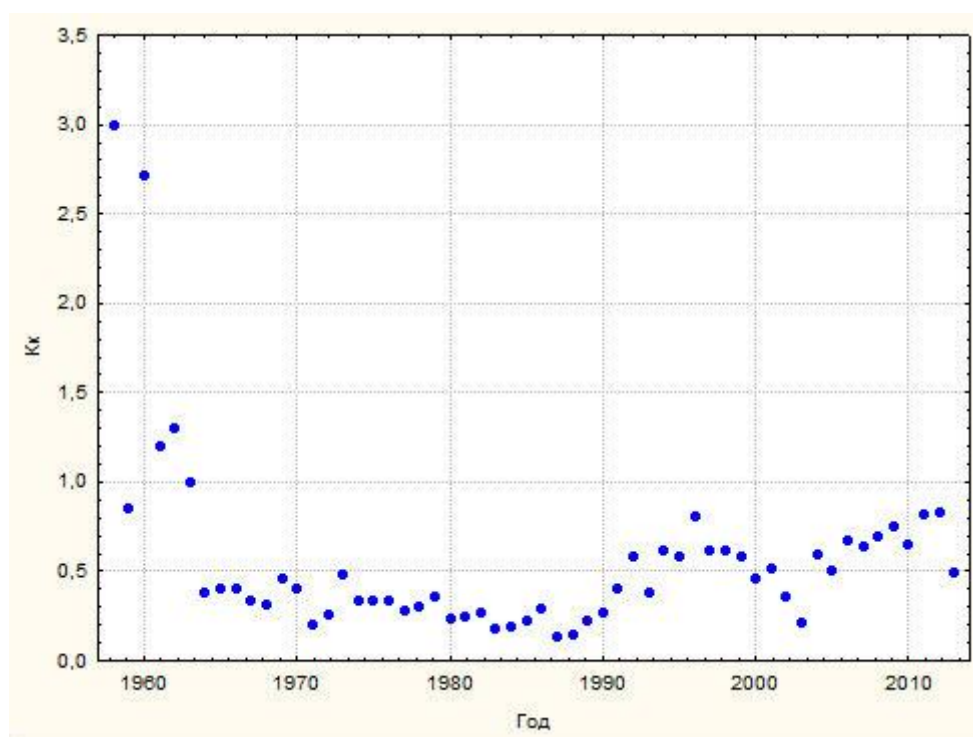


Рис. 4. Показатель число катастроф на 100 тыс. часов налёта

Показатель – количество катастроф на миллион рейсов – для оценки безопасности полётов используют международные организации ИКАО и ИАТА. На рис. 5 приведена диаграмма изменения показателя – количество катастроф на миллион рейсов ВС с максимальным сертифицированным весом взлёта более чем 5700 кг за 2009-2013 гг.

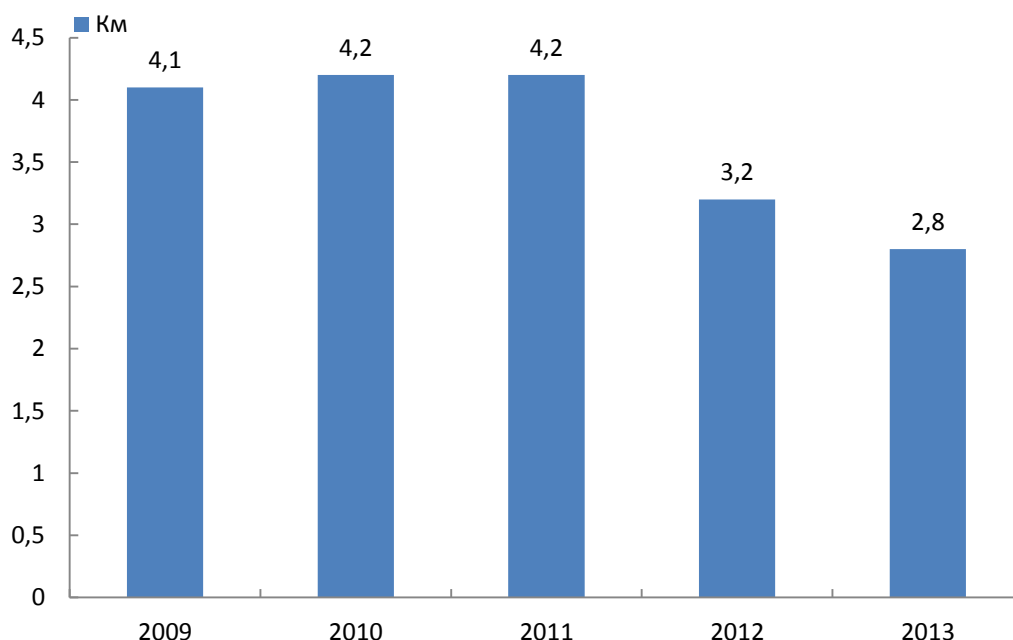


Рис. 5. Диаграмма изменения показателя – количество катастроф на миллион рейсов

Анализ диаграммы показывает, что наблюдается тенденция к уменьшению показателя – количество катастроф на миллион рейсов. Данный показатель достаточно универсален и ИКАО рекомендует использования данного показателя в странах-членах ИКАО.

Показатель, характеризующий количество погибших, приходящихся на 1 млн перевезённых, тоже достаточно универсален, однако, не отражает специфики вида транспорта, а показатель погибших, приходящихся на определённое количество пассажиро-километров, при условии равенства числа перевезённых пассажиров, будет зависеть от протяжённости трасс (маршрутов).

Указанная специфика не позволяет использовать для оценки безопасности полётов какой-либо один из приведённых показателей. В большинстве случаев для оценки безопасности полётов используется приведённая выше группа показателей или часть из них в зависимости от целей исследования. Применительно к авиационной транспортной системе указанные показатели определяются для всего парка воздушных судов. Применение их для воздушных судов конкретного типа не всегда является корректным.

Аналитические показатели безопасности полётов обычно имеют вероятностное выражение и вычисляются методами теории вероятностей. С точки зрения безопасности, каждый полёт может закончиться благополучным или неблагополучным исходом (авиационным происшествием). Возможные исходы полёта являются случайными событиями в силу случайности появления в данном полёте тех или иных неблагоприятных факторов, которые могут привести к АП. Поэтому единственной объективной мерой, характеризующей количественно уровень безопасности полёта, является вероятность отсутствия АП. Обозначим эту вероятность для k -го полёта через P_k , а вероятность противоположного события – АП в том же k -м полёте – через Q_k .

В силу несовместности событий благополучного и неблагополучного исходов

$$P_k + Q_k = 1, \quad (1)$$

поэтому для количественной оценки уровня безопасности полёта достаточно определить любое из слагаемых формулы (1). Вероятности P_k или Q_k являются показателями безопасности полёта. В литературе по безопасности полётов [1, 6, 7] приведены методы определения данных показателей.

Девяностые годы связаны с вступлением России в принципиально новый этап своего развития. Произошло ослабление государственного контроля над безопасностью полётов. Новые рыночные отношения подтолкнули к структурным изменениям в АТС. Изменились отношения в структурных подразделениях АТС. Стали образовываться различные авиакомпании. До 1992 года в стране была одна авиакомпания "Аэрофлот". На рис. 6 представлена динамика изменения количества эксплуатантов воздушных судов за рассматриваемый период времени.

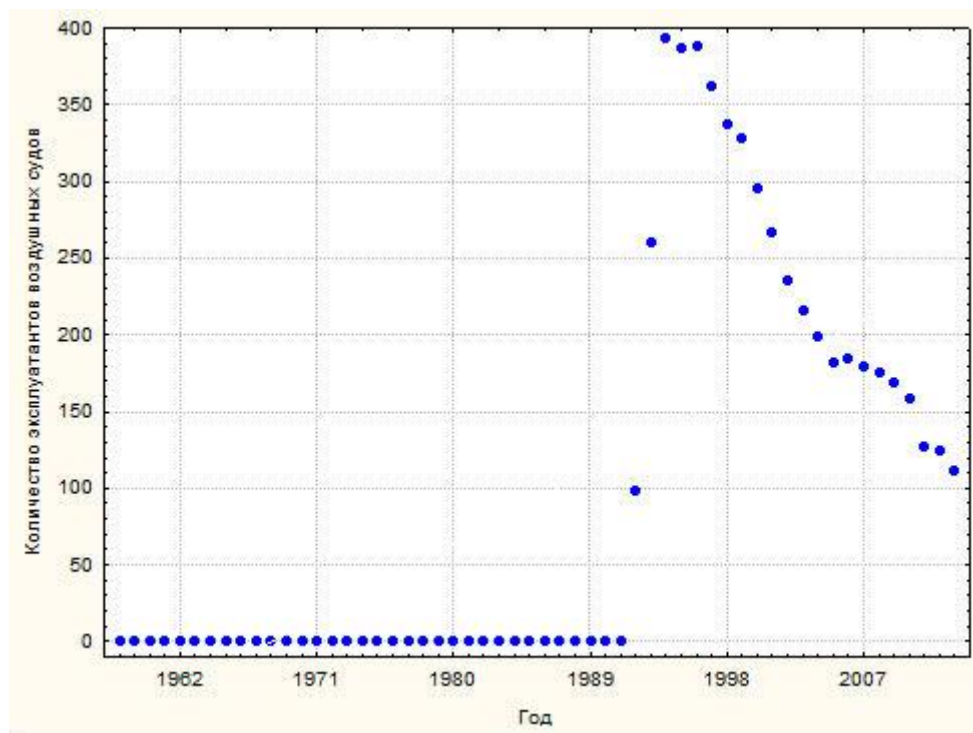


Рис. 6. Количество эксплуатантов воздушных судов

Показатель количество катастроф на 100 тыс. часов налёта представляет сложный процесс, который развивается во времени и характеризуется функцией $K_k(t)$. Поступим следующим образом [8]. Выделим локальные максимумы функции $K_k(t)$. Первый максимум обозначим через M_1 , второй через M_2 , i -й через M_i (рис. 7а). Первый максимум достигается в момент t_1 , второй в момент t_2 и т.д. На плоскости $\{M_i, M_{i+1}\}$ будем откладывать точки с координатами (M_i, M_{i+1}) , то есть первая точка будет (M_1, M_2) , вторая – (M_2, M_3) и т.д. (рис. 7б).

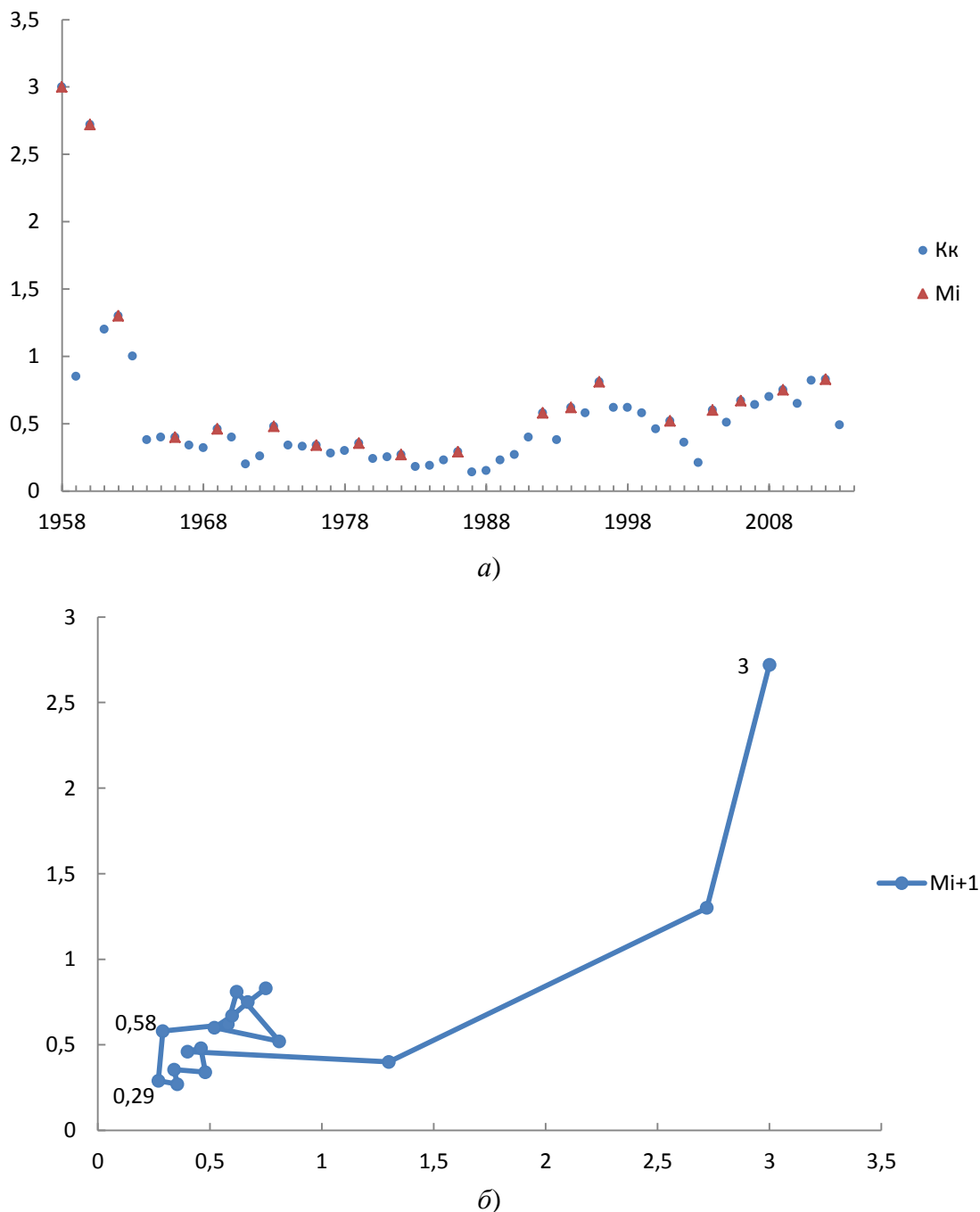


Рис. 7. Отображение количество катастроф на 100 тыс. часов налёта для анализа данных:
 а) выделение локальных максимумов в зависимости $K_k(t)$;
 б) отображение переходов локальных максимумов

Анализ отображения переходов локальных максимумов показывает, что от максимума $M_1 = 3$ до максимума $M_8 = 0,29$ наблюдается тенденция уменьшения K_k . Это показывает, что в АТС происходит самоорганизация. При переходе с максимума $M_8 = 0,29$ на максимум $M_9 = 0,58$ АТС переходит к хаосу.

Для преодоления хаоса в АТС необходимо вернуть управленческую составляющую в АТС. Этому призвано принятое ИКАО Приложение 19 [9], которое отражает глобальную стратегию ИКАО в области обеспечения безопасности авиационных полётов, предусматривающую повышение уровня стандартизации, более тесное сотрудничество между заинтересованными участниками авиационной системы, новые процедуры обмена информацией и приоритетные инвестиции в оборудование и в авиационный персонал, необходимые для обеспечения безопасности полётов в будущем.

Согласно Приложению 19, каждое государство принимает **Государственную программу по безопасности полётов (ГосПБП)** в целях достижения приемлемого уровня безопасности полётов гражданской авиации. ГосПБП включает:

- а) государственную политику и цели обеспечения безопасности полётов;
- б) управление рисками для безопасности полётов на государственном уровне;
- в) обеспечение безопасности полётов на государственном уровне;
- г) популяризацию вопросов безопасности полётов на государственном уровне.

ИКАО рекомендует авиакомпаниям в качестве основного направления профилактической деятельности своевременно выявлять опасные отклонения в АТС, разрабатывать и внедрять профилактические мероприятия по устранению или ограничению их влияния.

Литература

1. **Сакач Р.В., Зубков Б.В., Давиденко М.Ф. и др.** Безопасность полётов: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. 239 с.
2. <http://www.aviasafety.ru/crash-stat>.
3. **Safety Report**, International Civil Aviation Organization/ Published in Montreal.: International Civil Aviation Organization. 2014. 35 p.
4. **IATA Safety Report 2013/ Montreal – Geneva.**: International Air Transport Association. 2014. 140 p.
5. http://www.mak.ru/russian/info/doclad_bp/2013/bp13-2.pdf.
6. **Безопасность** полётов летательных аппаратов / Под ред. Сивкова Г.Ф. М.: ВВИА им проф. Н.Е. Жуковского, 1980. 233 с.
7. **Жулев В.И., Иванов В.С.** Безопасность полётов летательных аппаратов. М.: Транспорт, 1986. 224 с.
8. **Малинецкий Г.Г.** Математические основы синергетики. Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: КомКнига, 2005. 312 с.
9. **Приложение 19.** Управление безопасностью полётов. Издание первое. ИКАО. 2013. 44 с.