

## Авиакатастрофы и нормы летной годности

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Проведен анализ статистических данных относительно катастроф гражданских самолетов по 2008 год включительно. На основании этого анализа определены оценки статистической вероятности катастроф по техническим причинам на один час полета для наиболее распространенных в эксплуатации пассажирских самолетов. Показано, что статистическая вероятность катастроф самолетов советского производства Ил-76, Ту-154 и Ту-134 не соответствует требованиям «Норм летной годности гражданских самолетов». Отмечено, что требования этого документа к вероятности катастроф устарели, а для согласования проектных характеристик самолетов с требованиями «Норм летной годности гражданских самолетов» необходима разработка методик проектной оценки вероятности катастроф на один час полета.

**Ключевые слова:** статистические данные, статистика катастроф гражданских самолетов, вероятность катастрофы, нормы летной годности, статистическая вероятность.

Жизненный цикл подавляющего большинства технических объектов, разрабатываемых человеком, протекает в условиях воздействия случайных факторов:

- при проектировании – это использование приближенных моделей проектируемого объекта;
- при изготовлении – случайные разбросы характеристик используемых материалов и комплектующих, а также случайные отклонения параметров технологических процессов от расчетных значений;
- при эксплуатации - случайные разбросы характеристик среды эксплуатации и случайные изменения характеристик самого объекта во времени.

Понятно, что чем «правильнее» учтено влияние перечисленных случайных факторов при проектировании, тем «правильнее» будет соответствовать своему назначению проектируемый объект.

Из того, что известно автору, можно заключить, что, скорее всего, первые попытки «правильного» учета влияния перечисленных случайных факторов при проектировании принадлежат строителям. В работе [1] В.В. Болотин указывает, что они были предприняты в 1926 г. (М. Мейер). В авиации это произошло тоже достаточно рано, но несколько позже – в 1942 г. (А.Г. Pugsley). Приблизительно к этому времени относится начало использования вероятностных подходов в радиотехнике и чуть позже - в автоматическом управлении. Примеры работ, посвященных вопросам учета случайных факторов при проектировании технических объектов, приведены в работах [1 - 23]. Беглое рассмотрение этих источников свидетельствует о том, что ряд задач проектирования успешно решается с помощью вероятностных подходов. Например, достаточно прочно вошли в практику проектирования:

- разработка моделей случайных возмущений [16,18,24, 25];
- определение вероятностных характеристик координат летательных аппаратов, функционирующих в случайной среде [19, 20];
- оптимизация параметров проектируемого объекта с использованием вероятностных критериев [12, 13, 23].

Большая часть требований, которым должен удовлетворять объект проектирования, определяет качество функционирования объекта. Их выполнение придает объекту некоторые новые свойства, ради которых он и создается. Такие требования будем называть **условиями качества**. Применительно к летательным аппаратам (ЛА) в качестве примеров условий качества могут служить дальность доставки определенной полезной нагрузки, расход топлива на тонно-километр, вывод космического аппарата на орбиту с заданной точностью и т.п.

В силу сравнительно невысоких уровней вероятности выполнения условий качества может быть определена с помощью методов классической теории вероятностей [27]. Задачи такого типа и ряд других задач проектирования, связанных с ядром распределений случайных характеристик проектируемого объекта (некоторые из них перечислены выше), успешно решаются в уже упомянутых источниках [1 – 23] и прочно вошли в практику проектирования. Сегодня в группе задач этого типа вряд ли можно указать задачи, решение которых связано с принципиальными трудностями, преодоление которых было бы невозможно без создания новых теоретических подходов. Поэтому, если при проектировании объектов для решения упомянутых задач вероятностные технологии не используются, причина - не в отсутствии необходимых методов.

Другая, небольшая, часть требований представляет собой требования, которые также предъявляются к объекту проектирования, но невыполнение их приводит к необратимому прекращению его функционирования. Другими словами, состояние объекта превышает предельно допустимое. Такие требования будем называть **условиями работоспособности**. Применительно к летательным аппаратам в качестве примеров условий работоспособности могут служить целостность конструкции, устойчивость полета.

Поскольку невыполнение условий качества может привести к материальным потерям, а невыполнение условий работоспособности – к человеческим жертвам, требования к вероятности их выполнения существенно отличаются. Численное значение вероятности невыполнения условий качества, равное  $10^{-2} \dots 10^{-3}$ , может считаться вполне удовлетворительным. Что касается условий работоспособности, то вероятность их невыполнения регламентируется, в частности, нормами летной годности (НЛГ) [26] в диапазоне  $10^{-5} \dots 10^{-9}$ . Приведем цитату из работы [26]:

### «3. Вероятности возникновения особых ситуаций

.....

3.3. Самолет, имеющий более одного двигателя, должен быть спроектирован и построен таким образом, чтобы в ожидаемых условиях эксплуатации при действиях экипажа в соответствии с РЛЭ:

3.3.1. Каждое отказное состояние (функциональный отказ, вид отказа системы), приводящее к возникновению катастрофической ситуации, оценивалось как практически невероятное, или суммарная вероятность возникновения катастрофической ситуации, вызванной отказными состояниями, для самолета в целом не превышала  $10^{-7}$  на час полета.

3.3.2. Суммарная вероятность возникновения аварийной ситуации (аварийного эффекта), вызванной отказными состояниями (функциональными отказами, видами отказов систем), для самолета в целом не превышала  $10^{-6}$  на час полета.

При этом рекомендуется, чтобы любое отказное состояние, приводящее к аварийной ситуации (аварийному эффекту), оценивалось как событие не более частое, чем крайне маловероятное.»

Заметим, что эти требования сформулированы для самолета в целом. Для отдельных агрегатов эти цифры не менее чем на два порядка меньше.

Таким образом, оценка вероятности выполнения (невыполнения) условий работоспособности относится к группе задач, связанных с хвостами распределений случайных характеристик проектируемого объекта, решение которых в 60–х годах прошлого века было весьма проблематично. В работе [1] В.В. Болотин пишет: «Наиболее уязвимым местом в приложениях статистических методов к некоторым задачам строительной механики является *понятие случайного события, состоящего в разрушении конструкции*» (курсив В.В.Б.). В.В. Болотин поясняет, что причина этого заключается в том, что достоверность оценки вероятности редких явлений мала из-за малого или вообще отсутствующего статистического материала.

Возникает противоречие: проектировщик знает требования к вероятности работоспособности, но не знает, как их выполнение проверить при проектировании.

В настоящее время появились работы, которые могут служить теоретической базой для разработки методик проектных оценок вероятности работоспособности самолетов с требованиями согласно НЛГ [31 - 39]. Скажем больше. При проектировании ракеты-носителя «Циклон» как модификации боевой баллистической ракеты такие методики были разработаны и успешно применены. На сегодня ракета-носитель «Циклон» является самой надежной ракетой-носителем в мире. Пуски «Циклона» продолжают по сей день. Вот цитата из интервью с главным конструктором «Циклона» М. Галасем («Факты», № 208, 6.11.99 г.): «...«Циклон» стал мировым лидером по надежности, за время его эксплуатации (с августа 1969 г.) проведено более ста пусков - и ни одного неудачного!».

### **Требования норм летной годности**

Рассмотрим, что означает для самолета вероятность катастрофы «вызванной отказными состояниями» не выше  $10^{-7}$  на час полета. Пусть проектный ресурс самолета составляет  $5 \cdot 10^4$ . Тогда вероятность потерпеть катастрофу до изъятия из эксплуатации для конкретного самолета составит  $5 \cdot 10^4 \cdot 10^{-7} = 0,005$ . Это означает, что из 200 эксплуатируемых самолетов хотя бы один «имеет право» потерпеть катастрофу по техническим причинам. Поскольку статистика свидетельствует [40, 41], что катастрофы по техническим причинам составляют примерно 1/3 общего числа катастроф, «недолетает» до исчерпания своего ресурса один из 67 самолетов.

Теперь переформулируем требование НЛГ в понятие «налет в часах на одну катастрофу». Эта цифра определяется как обратная той, что требуют НЛГ:  $1/10^{-7} = 10^7$ . С учетом «человеческого фактора» получим 3 000 000 часов налета на одну катастрофу. Ниже станет ясно, что для современного пассажирского самолета этого мало.

### Анализ катастроф пассажирских самолетов

Число человеческих жертв в результате катастроф пассажирских самолетов достаточно велико. Статистика крупнейших авиакатастроф мира за период 1974 - 2009, подготовленная forINSURER.com с использованием аналитических материалов и статистики журнала "AeroSafety World", ИА "РосБизнесКонсалтинг" (РБК), специализированных авиапорталов "Avia.ru", "transbez.com" и других интернет-источников приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Статистика крупнейших авиакатастроф мира за период 1974 – 2009 гг.

№ п.п	Самолет	Год	Число жертв	Место катастрофы	Страна авиавладельца	Причина катастрофы
1	Boeing-747	1977	578	Канарские острова	Нидерланды, США	Неправильно принята команда диспетчера
2	Boeing-747	1985	520	Япония	Япония	Некачественный ремонт авиалайнера
3	ИЛ-76, Boeing	1996	349	Индия	Казахстан, Саудовская Аравия	Столкновение в воздухе
4	DC-10	1974	329	Франция	Турция	Открытие люка грузового отсека
5	Boeing-737	1985	329	Атлантика	Индия	Терракт
6	ИЛ-76	2003	275	Иран	Иран	Столкновение с землей в условиях плохой видимости
7	A-300	1994	264	Япония	Китай	-
8	DC-8	1985	250	Ньюфаундленд	Канада	Потеря скорости на взлёте
9	DC-10	1979	257	Антарктида	Новая Зеландия	Столкновение с землей
10	A-300	2001	246	США	США	Возгорание в воздухе

А вот данные о жертвах авиакатастроф в СССР за 10 лет в период с 1980 по 1989 г.

- 1980 г.- 30 авиакатастроф, погибли 268 человек.
- 1981 г.- 29 авиакатастроф, погибли 395 человек.
- 1982 г.-29 авиакатастроф, погиб 371 человек.
- 1983 г.- 21 авиакатастрофа, погибли 222 человека.
- 1984 г.- 20 авиакатастроф, погибли 380 человек.

- 1985 г.- 23 авиакатастрофы, погибли 404 человека.
  - 1986 г.- 29 авиакатастроф, погибли 324 человека.
  - 1987 г.-13 авиакатастроф, погибли 47 человек.
  - 1988 г.- 16 авиакатастроф, погибли 115 человек.
  - 1989 г.- 23 авиакатастрофы, погибли 98 человек.
- Итого за 10 лет - 233 катастрофы, 2624 жертвы.

В материалах работы [40] приведена статистика налета пассажирских самолетов на одну катастрофу по данным конца 2008 года.

### **Boeing 737 JT8D**

Одна катастрофа на 507 500 летных часов.  
Годы выпуска: 1967–1988  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 517.

### **Ил-76**

Одна катастрофа на 549 900 летных часов.  
Годы выпуска: с 1974 года по наши дни  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 247.

### **Ту-154**

Одна катастрофа на 1 041 000 летных часов.  
Годы выпуска: с 1971 года по наши дни  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 336.

### **Airbus A310**

Одна катастрофа на 1 067 700 летных часов.  
Годы выпуска: 1983–1998.  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 191.

### **McDonnell-Douglas DC-9**

Одна катастрофа на 1 068 700 летных часов.  
Годы выпуска: 1965–1982  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 315.

### **Ту-134**

Одна катастрофа на 1 087 600 летных часов.  
Годы выпуска: 1964–1986.  
Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 223.

### **Boeing 727**

Одна катастрофа на 2 306 300 летных часов.

Годы выпуска: 1963–1984.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 412.

### **McDonnell-Douglas MD-80**

Одна катастрофа на 2 332 300 летных часов.

Годы выпуска: 1980–1999.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 923.

### **McDonnell-Douglas MD-10**

Одна катастрофа на 2 908 800 летных часов.

Годы выпуска: 1971–1989

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 153.

### **McDonnell-Douglas MD-11**

Одна катастрофа на 3 668 800 летных часов.

Годы выпуска: 1990–2001.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 187.

### **Boeing 737 CFMI**

Одна катастрофа на 4 836 900 летных часов.

Годы выпуска: 1984–2000.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 1796.

### **Boeing 757**

Одна катастрофа на 13 744 400 летных часов.

Годы выпуска: 1982–2005.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 973.

### **Airbus A320**

Одна катастрофа на 14 050 200 летных часов.

Годы выпуска: с 1988 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 3604.

### **Boeing 767**

Одна катастрофа на 14 895 100  
летных часов.

Годы выпуска: с 1982 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 867.

### **Boeing 737 NG**

Одна катастрофа на 16 047 900 летных часов.

Годы выпуска: с 1997 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 2583.

### **Boeing 747**

Одна катастрофа на 17 358 500 летных часов.

Годы выпуска: с 1970 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 935.

### **Airbus A330**

Нет смертельных аварий в течение 2008 года

(1 июня 2009 года такой лайнер с 228 людьми по невыясненным причинам упал в Атлантику, но данные за 2009 год не учитываются).

Годы выпуска: с 1993 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 577.

### **Airbus A340**

Нет происшествий со смертельным исходом.

Годы выпуска: с 1993 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 341.

### **Boeing 777**

Нет происшествий со смертельным исходом.

Годы выпуска: с 1995 по наши дни.

Количество самолетов, находящихся в эксплуатации: 742.

Уже упоминалось, что анализ причин катастроф показывает, что 65 – 75 % катастроф дает человеческий фактор, а 25 – 35 % - отказы техники (по терминологии норм летной годности [26] - отказы функциональных систем). Если учесть эти цифры, то из приведенной выше статистики можно получить фактическую вероятность возникновения катастрофической ситуации на час полета для самолетов за счет отказа функциональных систем.

Фактическая статистическая вероятность катастроф на час полета, произошедших из-за потери работоспособности функциональных систем составляет: для самолетов Boeing 737 JT8D и Ил-76 - примерно  $5 \cdot 10^{-7}$ ; для самолетов Ту-154 и Ту-134 - примерно  $2,5 \cdot 10^{-7}$ ; для самолетов Boeing 747 и

Boeing 737 NG - примерно  $0,15 \cdot 10^{-7}$ . Из приведенных материалов следует, что самолеты Boeing 737 JT8D, Ил-76, Ту-154, Airbus A310, McDonnell-Douglas DC-9, Ту-134, Boeing 727, McDonnell-Douglas MD-80 не соответствуют требованиям документа [26]. Из этих же материалов вытекает, что требования НЛГ устарели и требуют корректировки, т.к. современные самолеты имеют статистическую вероятность катастроф на час полета примерно в 3...6 раз меньше.

### Выводы

1. Статистическая вероятность катастроф на час полета самолетов советского производства Ил-76, Ту-154 и Ту-134 не соответствуют требованиям документа «Нормы летной годности гражданских самолетов» [26].
2. Требования «Норм летной годности гражданских самолетов» [26] к вероятности катастроф на час полета устарели и требуют корректировки.
3. Для согласования проектных характеристик самолетов с требованиями «Норм летной годности гражданских самолетов» необходима разработка методик проектной оценки вероятности катастроф на час полета.

### Список литературы

- 1 Болотин, В.В. Статистические методы в строительной механике [Текст] / В.В. Болотин. - М.: Стройиздат, 1965. – 279 с.
- 2 Болотин, В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений [Текст] / В.В. Болотин. - М.: Стройиздат, 1982. – 351 с.
- 3 Ржаницын, А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность [Текст] / А.Р. Ржаницын. - М.: Стройиздат, 1978. – 240 с.
- 4 Гладкий, В.Ф. Вероятностные методы проектирования конструкции летательного аппарата [Текст] / В.Ф. Гладкий. - М.: Наука, 1982. – 270 с.
- 5 Кузнецов, А.А. Надежность конструкции баллистических ракет [Текст] / А.А. Кузнецов. - М.: Машиностроение, 1978. – 256 с.
- 6 Анцелович, Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета [Текст] / Л.Л. Анцелович. - М.: Машиностроение, 1985. – 296 с.
- 7 Арасланов, А.М. Расчет элементов конструкции заданной надежности при случайных воздействиях [Текст] / А.М. Арасланов - М.: Машиностроение, 1987. – 128 с.
- 8 Бойцов, Б.В. Надежность шасси самолета [Текст] / Б.В. Бойцов. - М.: Машиностроение, 1976. – 216 с.
- 9 Волков, Л.И. Надежность летательных аппаратов [Текст] / Л.И. Волков, А.М. Шишкевич. - М.: Высш. шк., 1975. – 293 с.
- 10 Селихов, А.Ф. Вероятностные методы в расчетах прочности самолета [Текст] / А.Ф. Селихов, В.М. Чижов. - М.: Машиностроение, 1987. – 237 с.
- 11 Малашенко Л.А. Вероятностно–статистическая оценка прочности и несущей способности тонкостенных авиаконструкций [Текст] / Л.А. Малашенко. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1982.– 92 с.

- 12 Малашенко, Л.А. Проектирование элементов конструкций летательных аппаратов заданной надежности [Текст] / Л.А. Малашенко. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1996. – 96 с.
- 13 Солодовников, В.В. Введение в статистическую динамику систем автоматического управления [Текст] / В.В. Солодовников. – М.: Гостехиздат, 1952. – 257 с.
- 14 Пугачев, В.Н. Комбинированные методы определения вероятностных характеристик [Текст] / В.Н. Пугачев – М.: Сов. радио , 1973. – 256 с.
- 15 Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций [Текст] / А.А. Свешников. - М.: Наука, 1968. – 463 с.
- 16 Пугачев, В.С. Теория случайных функций и ее применение к задачам автоматического управления [Текст] / В.С. Пугачев.- М.: ГИТТЛ, 1957.– 659 с.
- 17 Пугачев, В.С. Основы статистической теории автоматических систем [Текст] / В.С. Пугачев, И.Е. Казаков, Л.Г. Евланов. - М.: Машиностроение, 1974. – 400 с.
- 18 Казаков, И.Е. Статистическая динамика нелинейных автоматических систем / И.Е. Казаков, Доступов. - М.: Физматгиз, 1962. – 332 с.
- 19 Казаков, И.Е. Статистическая теория систем управления в пространстве состояния [Текст] / И.Е. Казаков. - М.: Наука, 1975. – 432 с.
- 20 Астапов, Ю.М. Статистическая теория систем автоматического регулирования и управления [Текст] / Ю.М. Астапов, В.С. Медведев. - М.: Наука, 1982. – 304 с.
- 21 Бессонов, А.А. Надежность систем автоматического регулирования [Текст] / А.А. Бессонов, А.В. Мороз. - Л.: Энергоиздат, 1984. – 216 с.
- 22 Михайличенко, А.М. Устойчивость управляемых систем со случайными параметрами [Текст] / А.М. Михайличенко, Н.А. Пустовойтов, В.Г. Сухоребрый. - К.: Наук. думка, 1981. – 160 с.
- 23 Айзенберг, Я.Е. Проектирование систем стабилизации носителей космических аппаратов [Текст] / Я.Е. Айзенберг, В.Г. Сухоребрый. - М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
- 24 Вероятностные характеристики прочности авиационных материалов и размеров сортамента [Текст] справочник / под ред. С.О. Охупкина. - М.: Машиностроение, 1970.- 568 с.
- 25 Расчет электрических допусков радиоэлектронной аппаратуры [Текст] / под ред. В.П. Гусева и А.В. Фомина. – М.: Сов. радио, 1963. – 367 с.
- 26 Нормы летной годности гражданских самолетов [Текст]// Межгосударственный авиационный комитет. – М.: ООО «Авиаиздат». – 1993. – Ч. 23 (АП-23). – С.14.
- 27 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей [Текст] / Е.С. Вентцель. - М.: Наука, 1969. – 576 с.
- 28 Сухоребрый, В. Г. Вероятностные методы проектирования технических объектов [Текст] / В.Г. Сухоребрый. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1990. – 103 с.
- 29 Школьный, Е.П. Атмосфера и управление движением летательных аппаратов [Текст] / Е.П. Школьный, Л.А. Майборода. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. - 308 с.
- 30 Хан, Г. Статистические модели в инженерных задачах [Текст] / Г. Хан, С. Шапиро. – М.: Мир, 1969. – 395 с.

- 31 Сухоребрый, В.Г. Эффективные методы оценки вероятности разрушения самолетных конструкций [Текст] / В.Г. Сухоребрый, М.А. Шевцова // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Харьк. авиац. ин-та – Вып. 12. Х.: – 1998. - С.53 - 60.
- 32 Лежнина, М.В. Алгоритмы построения граничных линейных моделей критериальных функций для оценки вероятности работоспособности объектов аэрокосмической техники [Текст] / М.В. Лежнина, В.Г. Сухоребрый // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» - вып. 12 - Х., – 2002. – С. 63 - 74.
- 33 Сухоребрый, В.Г. Статистические модели разрушения конструкций [Текст] / В.Г. Сухоребрый // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» - вып. 10 - Х., – 2001. –С. 89 - 95.
- 34 Лежнина, М.В. Проектная оценка вероятности достижения объектами аэрокосмической техники предельных состояний [Текст] / М.В. Лежнина, В.Г. Сухоребрый. - Х.: НАКУ «ХАИ». – 2005. – 184 с.
- 35 Сухоребрый, В.Г. Ускоренное статистическое моделирование для оценки вероятности устойчивости динамических систем со случайными параметрами [Текст] / В.Г. Сухоребрый, Е.Я. Айзенберг // Математическое моделирование динамических процессов в системах с жидкостью. – К.: ИМ АН УССР. – 1988. – С. 128 – 136.
- 36 Сухоребрый, В.Г. Оценка вероятности работоспособности технических объектов с помощью ускоренного статистического моделирования [Текст] / В.Г. Сухоребрый // Авиационно-космическая техника и технология. - Х.: ХАИ. – 2000. – Вып. 19. - С. 215 - 218.
- 37 Сухоребрый, В.Г. Оценка качества граничных моделей для определения вероятности разрушения конструкции [Текст] / В.Г. Сухоребрый, А.С. Стерлева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» - вып. 24 - Х., – 2004. – С. 242 - 249.
- 38 Стерлева, А.С. Автоматизированная система определения вероятности разрушения конструкции с помощью проведения ускоренного статистического моделирования в среде Ansys [Текст] / А.С. Стерлева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» - вып. 24 - Х., – 2004. –С. 263 - 277.
- 39 Сухоребрый, В.Г. Выбор коэффициента перекрытия для ускоренного статистического моделирования НДС конструкций [Текст] / В.Г. Сухоребрый, А.С. Стерлева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та «ХАИ» - вып. 29 - Х., – 2005. – С. 46 - 56.
- 40 Интернет – ресурс: <http://transday.ru/analitika/18-transport/11571-samye-opasnye-i-bezopasnye-samolety.html>;
- 41 Интернет – ресурс: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD-10>

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. Е.А. Дружинин, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 16.03.12.

## Авіакатастрофи і норми льотної придатності

Проведено аналіз статистичних даних відносно катастроф цивільних літаків по 2008 рік включно. На підставі цього аналізу визначено оцінки статистичної ймовірності катастроф з технічних причин на одну годину польоту для найбільш поширених в експлуатації пасажирських літаків. Показано, що статистична ймовірність катастроф літаків радянського виробництва Іл-76, Ту-154 і Ту-134 не відповідають вимогам «Норм льотної придатності цивільних літаків». Зазначено, що вимоги цього документа до ймовірності катастроф застаріли, а для узгодження проектних характеристик літаків з вимогами «Норм льотної придатності цивільних літаків» необхідно розроблення методик проектного оцінювання ймовірності катастроф на одну годину польоту.

**Ключові слова:** статистичні дані, статистика катастроф цивільних літаків, вірогідність катастрофи, норми льотної придатності, статистична ймовірність.

## Crash and standards of airworthiness

The analysis of statistical data on civil aircraft disaster in 2008, inclusive. Based on this analysis, the evaluation of the statistical probability of accidents due to technical reasons one hour of flight for the most common in the operation of passenger aircraft. It is shown that the statistical probability of the crash of Soviet-made Il-76, Tu - 154 and Tu - 134 do not comply with "airworthiness of civil aircraft." It is shown that the requirements of this document to the probability of accidents out of date, and to match the design characteristics of the aircraft with the requirements of "airworthiness of civil aircraft" is necessary to develop methods of project evaluation of the probability of accidents per flight hour.

**Keywords:** statistics, statistics of civil aircraft accidents, the probability of disaster, airworthiness standards, the statistical probability.