УДК 656.7.08

Гарельский В.А.
Оренбургский государственный университет
E-mail: vm78@mail.ru

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ РИСКА АВИАПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Освещена актуальность управления и оценки риска при управлении безопасностью полетов в авиакомпаниях. Приведены основные нормативные документы, регламентирующие риск-менеджмент в авиации. Проанализированы приемы количественной оценки риска, используемые на авиапредприятиях. Предложена методика количественной оценки риска с использованием FTA- и ETA-анализа.

Ключевые слова: авиакомпания, авиапассажирские перевозки, безопасность, риск, управление, анализ, количественная оценка, FTA- и ETA-анализ.

Специфика бизнеса любой авиакомпании состоит в том, что ее деятельность связана с рисками, носящими катастрофический характер, часто несопоставимыми с теми, которые возникают на предприятиях других отраслей. Поэтому управление рисками, или риск-менеджмент, для предприятий, занимающихся авиапассажирскими перевозками, является насущной необходимостью.

Осознание растущих рисков в бизнес-окружении авиакомпании не только на международном, но и на внутреннем рынке авиаперевозок, а также рост ответственности топ-менеджмента привели к тому, что в конце 2000-х гг. на предприятиях, занимающихся авиапассажирскими перевозками, стали создаваться службы или отделы управления рисками [1].

На сегодняшний день для обеспечения безопасности авиаперевозок существует настоятельная необходимость изучения вопроса управления рисками, который отчетливо обозначил всю остроту данной проблемы в этой сфере. Это подтверждается, в частности, участившимися авиакатастрофами как в мире в целом, так и в особенности в России.

Выход из этой ситуации возможен только в случае разработки, внедрения и эффективного использования на предприятии системы управления рисками, которая дополняет систему управления безопасностью полетов.

Для успешного управления безопасностью полетов необходима помимо технической эффективная нормативная база, регламентирующая соответствующие вопросы.

В последние годы кроме национальных нормативных документов по стандартизации повышенное внимание со стороны консультантов в области управления рисками, действующих на российском рынке, уделяется документу «Управление рисками организаций. Интегрированная модель», разработанному Комитетом спонсорских организаций Комиссии Тредвея (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, COSO).

Данный документ представляет собой концептуальные основы управления рисками организаций и дает подробные рекомендации по созданию корпоративной системы управления рисками в рамках организации.

Русским обществом управления риском в качестве базового рассматривается стандарт по управлению рисками Федерации европейских ассоциаций менеджеров по управлению рисками, который является совместной разработкой Института риск-менеджмента (IRM), Ассоциации риск-менеджмента и страхования (AIRMIC) и Национального форума по риск-менеджменту в общественном секторе (ALARM 2002 г.).

Одним из наиболее полных и проработанных национальных стандартов в области управления риском признается стандарт по риск-менеджменту Австралии и Новой Зеландии AS/NZS 4360. Стандарт имеет общий (внеотраслевой) характер, его основные положения адаптированы для построения систем управления риском рядом транснациональных компаний.

С целью успешного внедрения и использования системы управления рисками на авиапредприятии, основанной на положениях стандартов, касающихся авиационной безопасности, необходима четкая организация работ по управлению рисками и построению системы.

Одним из основных элементов системы управления рисками является процесс их анали-

за. Главным этапом анализа риска является его количественная оценка. Из всех способов оценки, установленных как отечественными, так и зарубежными стандартами и другими документами, на практике на авиапредприятиях применяется лишь небольшая доля.

Для событий, статистическая оценка вероятности наступления последствий которых затруднена, определение вероятности производится экспертным методом на основе алгоритма, показанного в таблице 1 [2].

Тяжесть последствий или опасность ситуации определяется с помощью экспертных оценок, базируясь на алгоритмах, показанных в таблицах 2 и 3 [2].

Считается, как правило, что степень опасности отдельного события, связанного с отказами техники и ошибками авиационного персонала, не превышает степени 3 (случай диверсии в данной оценке не рассматривается). Степень опасности более 3 может быть присвоена только комбинации факторов [2].

Для событий, поддающихся статистической оценке, вероятность наступления негативных последствий определяется по формуле (1) [3]:

Таблица 1. Алгоритм определения вероятности экспертным методом

Вероятность наступления последствий события			
Качественная характеристика	Экспертная оценка	Значение вероятности Q	Степень
Частое	Может происходить многократно	$Q>10^{-1}$	5
Периодическое	Может происходить время от времени	$10^{-1}>Q>10^{-3}$	4
Редкое	Малая, вероятность, но может произойти	$10^{-3}>Q>10^{-5}$	3
Маловероятное	Очень малая вероятность события	$10^{-5}>Q>10^{-7}$	2
Практически невозможное	Возможность наступления события почти исключена	$Q<10^{-7}$	1

$$Y_{\text{посл}} = V_c \cdot V_{Hc}, \qquad (1)$$

где V_c – вероятность наступления события,

V_{Hc} – вероятность непарирования отрицательного воздействия.

После определения факторов опасности производится статистическая оценка частоты их возникновения. Значение частоты (вероятности) используется для каждого фактора в модели возникновения инцидента. Отдельно для каждого события рассчитывается «запас по риску» с оценкой приемлемости рисков. Риск возникновения инцидента рассчитывается как сумма рисков факторов опасности и их комбинаций, имея в виду, что любой из рисков, входящих в сумму, может привести к инциденту. Для каждого события в базе данных по безопасности полетов определяется частота его возникновения и степень опасности. С учетом уровня подготовки экипажей определяется вероятность непарирования отрицательного воздействия события. Оценка уровня риска производится по величине превышения вероятности возникновения непарированной опасной ситуации [3].

С целью определения критерия оценки уровня безопасности полетов на авиапредприятиях принят показатель, характеризующий количество авиационных инцидентов на 1000 часов налета, который рассчитывается по формуле (2) [3]:

$$K_{без} = (n_{инц.} / N) \cdot 1000, \qquad (2)$$

где $K_{без}$ – коэффициент безопасности полетов;

N – налет воздушных судов авиапредприятия в часах за указанный период;

$n_{инц.}$ – количество инцидентов за указанный период.

Решение о проведении мероприятий по каждому риску принимается в зависимости от положения риска относительно зон риска на матрице рисков, которая приведена на рисунке 1 [3].

При попадании значений риска в зеленую зону матрицы (1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 2D, 2E, 3E) он считается приемлемым, и такие события не требуют проведения мероприятий в рамках системы управления рисками.

При попадании значений риска в желтую зону матрицы (2A, 2B, 2C,3B, 3C, 3D, 4C, 4D, 4E, 5D,5E) событие или ситуация выносятся на рассмотрение очередного совета по безопасности полетов, для них разрабатываются, как прави-

Таблица 2. Тяжесть серьезности ситуации

Определение	Характеристика (ФАП 25)	Степень
Катастрофическая	Катастрофическая ситуация (катастрофический эффект) особая ситуация, препятствующая продолженному безопасному полету и посадке	5
Аварийная	Значительное ухудшение характеристик и/или достижение (превышение) предельных ограничений, или физическое утомление или такая рабочая нагрузка экипажа, что уже нельзя полагаться на то, что он выполнит свои задачи точно или полностью	4
Сложная	Заметное ухудшение характеристик и/или выход одного или нескольких параметров за эксплуатационные ограничения, но без достижения предельных ограничений, или уменьшение способности экипажа справиться с неблагоприятными условиями (возникшей ситуацией) как из-за увеличения рабочей нагрузки, так и из-за условий, понижающих эффективность действий экипажа	3
Усложнение условий полета	Незначительное ухудшение характеристик, или незначительное увеличение рабочей нагрузки на экипаж, например, изменение маршрута в плане полета	2
Без последствий	Малозначительные последствия	1

Таблица 3. Оценка серьезности последствий

Люди	Окружающая среда	Имущество	Репутация	Степень
Фатальный исход	Ущерб более 1 млн. $	Ущерб более 1 млн. $	Ущерб на международном уровне	5
Тяжелые травмы	Ущерб до 1 млн.$	Ущерб до 1 млн.$	Ущерб на федеральном уровне	4
Легкие ранения	Ущерб до 500 тыс.$	Ущерб до 500 тыс.$	Ущерб на отраслевом уровне	3
Ушибы, ссадины	Ущерб до 250 тыс.$	Ущерб до 250 тыс.$	Ущерб на уровне компании	2
Без последствий	Ущерб до 100 тыс.$	Ущерб до 100 тыс.$	Без ущерба	1

Возможность риска	Последствия рисков				
	катастрофические	опасные	значительные	незначительные	ничтожные
Частая	5A	5B	5C	5D	5E
Периодическая	4A	4B	4C	4D	4E
Редкая	3A	3B	3C	3D	3E
Маловероятная	2A	2B	2C	2D	2E
Невозможная	1A	1B	1C	1D	1E

Рисунок 1. Матрица риска

ло, долговременные мероприятия, направленные на улучшение ситуации.

При попадании значений риска в красную зону матрицы (3A, 4A, 4B, 5A, 5B, 5C) необходимо принятие срочных мер. Событие или ситуация выносятся на внеочередное заседание правления по безопасности, по ним принимаются незамедлительные решения [3].

Такой подход к количественной оценке риска имеет ряд существенных недостатков. Оценки риска, основанные на статистических данных, т.е. использующие классические подходы прогнозирования возможных внештатных ситуаций, зачастую дают неверные результаты. Это связано с тем, что ряд статистических данных о неисправностях и отказах могут остаться неизвестными из-за стремления компаний «не раздувать» возможный скандал. Кроме того, статистические оценки в большей степени носят апостериорный характер, т.е. они основаны на уже произошедших событиях и не могут объективно спрогнозировать чрезвычайную ситуацию, которой еще не было.

Также следует учесть, что риск – это комбинация вероятности негативного события и нежелательных событий, т.е.

$$R = \sum M[Y] = \sum_{i=1}^{n} P_i Y_i, \qquad (3)$$

где $\sum M[Y]$ – математическое ожидание причиняемого ущерба;

i – инициирующий фактор;

n – количество инициирующих факторов;

P_i – вероятность неблагоприятного события, вызванного i-м инициирующим фактором;

Y_i – ущерб, вызванный i-м инициирующем фактором [4],

откуда следует вывод, что даже при невысокой вероятности, но при высокой оценке ущерба риск также велик.

Кроме того, использование в таком количестве качественных оценок приводит к допущению многих зачастую необоснованных условностей, как, например, при назначении степени опасности отдельного события, связанного с отказами техники и ошибками авиационного персонала.

Необходимо отметить и то, что каждая внештатная ситуация с самолетом может быть вызвана рядом факторов. Инициирующим может стать как одиночный фактор, так и их различные комбинации. Авария же может развиваться по своему сценарию и также зависеть от внешних влияющих факторов.

Выход из этой ситуации возможен только в случае разработки на предприятии определенной позиции по оценке рисков, основанной на применении новых методов анализа и оценки риска, позволяющих учитывать комбинаторику факторов, развитие сценария опасности и дающих возможность проводить априорную количественную оценку риска.

Возможным решением может послужить методика, изложенная в [5], которая основывается на использовании FTA- и ETA-анализа [6, 7]. Анализ «дерева неисправностей» (FTA-анализ) и «дерева событий» (ETA-анализ) широко применяется в сценарном логико-вероятностном моделировании [6, 8]. Использование вышеозначенной методики дает возможность учитывать комбинации инициирующих факторов и развитие сценария аварии.

С целью проведения FTA-анализа необходимо определить возможные инициирующие факторы. Для упрощения процесса сбора и анализа факторов возможно применение диаграммы Исикавы, пример которой приведен на рисунке 2.

С помощью диаграммы выявляются основные инициирующие факторы и строится «дерево неисправностей», верхний ярус которого представлен на рисунке 4.

Так как результирующее событие («возникновение ущерба») связано с инициирующим переключателем «или», то общую вероятность возникновения ущерба в соответствии с «деревом неисправностей», представленным на рисунке 3, можно определить через уравне-

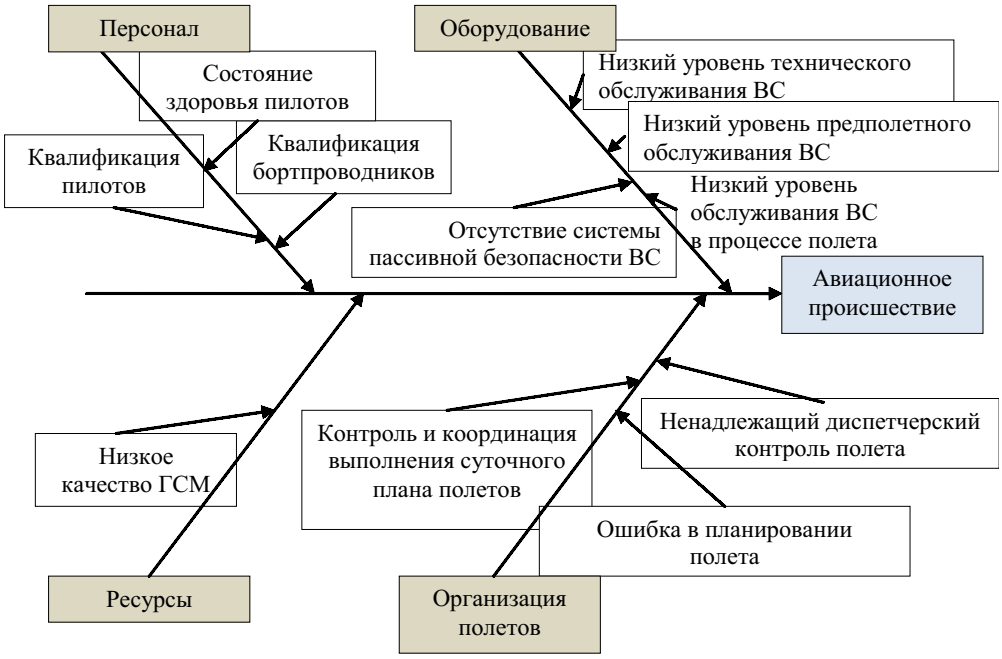

Рисунок 2. Диаграмма Исикавы для авиационного происшествия

ние дизъюнкции вероятностей инициирующих событий:

$$P_y = P_{y1} \vee P_{y2} \vee P_{y3} \vee P_{y4} \vee P_{y5} \vee P_{y6} \vee P_{y7}, \quad (4)$$

или

$$P_y = \bigvee_{i=1}^{n} P_{yi}, \quad (5)$$

где $P_{y1...7}, P_i$ – вероятности наступления соответствующих инициирующих событий;

i – количество инициирующих событий.

Завершением построения сценария возникновения риска и его непосредственной оценки служит ETA-анализ.

При построении «дерева событий» необходимо учитывать несколько аспектов, а именно:

1) выявление и учет факторов, влияющих на развитие сценария аварии;

2) определение возможных последствий (видов ущерба), зависящих от возможных исходов сценария.

В качестве примера допустим, что на развитие сценария аварии влияют следующие факторы:

– интенсивность запросов безопасности к системе (узлу, агрегату);

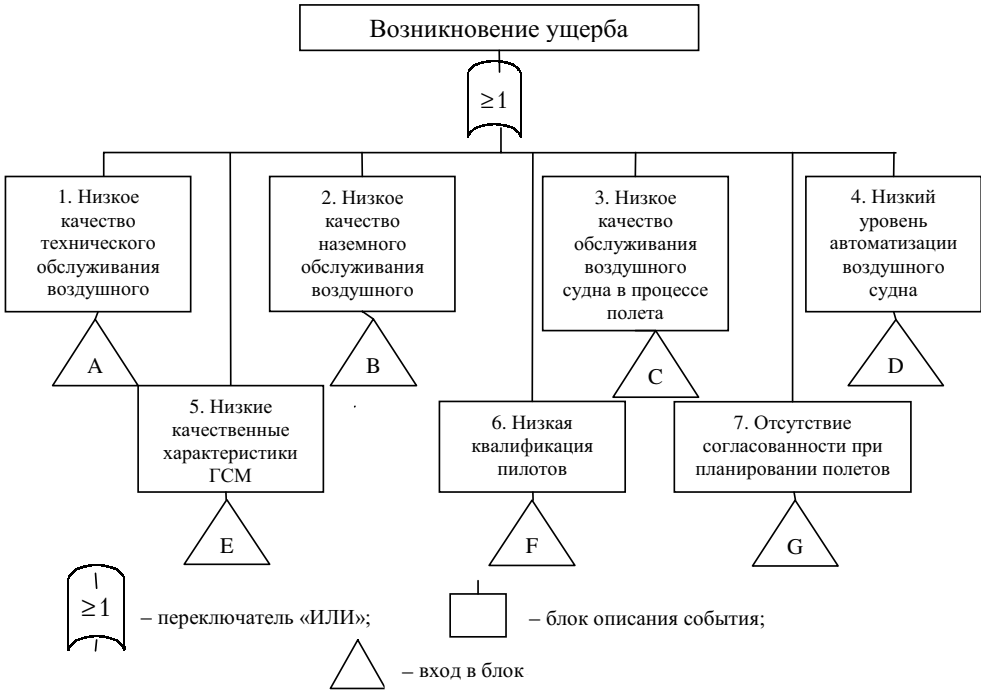

Рисунок 3. «Дерево неисправностей»

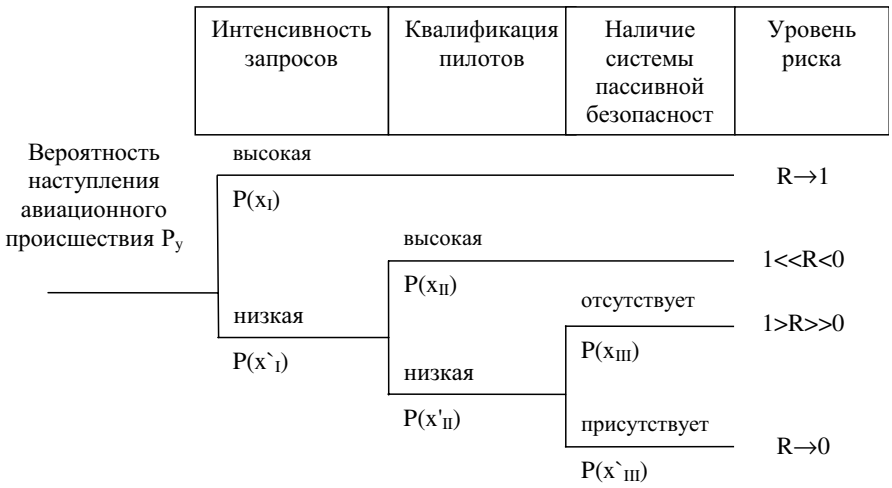

Рисунок 4. «Дерево событий»

– квалификация пилотов;

– наличие у воздушного судна пассивной системы безопасности.

Пример «дерева событий» представлен на рисунке 4.

Из «дерева событий» видно, что результирующие события развития сценария предполагают четыре группы ущерба.

События, входящие в «дерево событий», подчиняются условию конъюнкции. Поэтому вероятности возникновения ущерба соответствующей группы будут равны:

$$P_{yI} = \mathrm{P}_{\mathrm{y}} \wedge P(x_I), \quad (6)$$

$$P_{yII} = \mathrm{P}_{\mathrm{y}} \wedge P(x'_I) \wedge P(x_{II}), \quad (7)$$

$$P_{yIII} = \mathrm{P}_{\mathrm{y}} \wedge P(x'_I) \wedge P(x'_{II}) \wedge P(x_{III}), \quad (8)$$

$$P_{yIV} = \mathrm{P}_{\mathrm{y}} \wedge P(x'_I) \wedge P(x'_{II}) \wedge P(x'_{III}), \quad (9)$$

Исходя из (3), получим выражение для определения уровня риска с учетом того или иного результирующего события:

$$R_j = P_{\mathrm{yj}} \cdot Y_j \quad (10)$$

или $$R_j = P_{\mathrm{y}} \cdot P_j^t(x_j) Y_j ; t = 1,..., j-1. \quad (11)$$

Применение данной методики позволяет произвести количественную оценку риска возникновения ущерба (т.е. прогнозировать риск и, как следствие, безопасность) в результате предоставления услуг авиапассажирских перевозок в условиях неопределенности, недостатка или полного отсутствия информации. Кроме того, немаловажно отметить возможность учета комбинаций различных инициирующих событий, которые могут повлечь за собой возникновение неблагоприятного события и наступление ущерба, а также прогнозирования и оценки риска возникновения ущерба по различным сценариям.

26.09.2011

Список литературы:
1. Богатиков, А.В. Снижение рисков в авиационной деятельности / А.В. Богатиков. -М.: Маркетинг, 1998. – 62 с.
2. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). – ИКАО, 2009. – 318 с. – ISBN 978-92-9231-410-1.
3. Управление рисками организаций. Интегрированная модель. Краткое изложение. Концептуальные основы. – Комитет спонсорских организаций Комиссии Тредвея (COSO), 2004. – 215 с.
4. Рябинин, И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем / И.А. Рябинин. - СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.
5. Гарельский, В.А. Управление качеством услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомототранспортных средств [Текст]: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Гарельский Вадим Анатольевич; [Оренбург. гос. ун-т]. – Оренбург, 2009. – 16 с.
6. ГОСТ Р 51901.13-2005 Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. – Введ. 2005-06-01. - М.: Изд-во стандартов, 2005. - 38 с.
7. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. – Введ. 2001-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 47 с.
8. Соложенцев, Е.Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике / Е.Д. Соложенцев. – СПб.: Издательский дом «Бизнес-пресса», 2004. – 432 с.

Сведения об авторе: **Гарельский Вадим Анатольевич,** старший преподаватель кафедры МСиС, ТФ Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13
E-mail: vm78@mail.ru

UDC 656.7.08
Garelskiy V.A.
Orenburg state university, e-mail: vm78@mail.ru

IMPROVEMENT OF METHODOLOGIES FOR QUANTIFYING THE RISK OF PASSENGER AIR TRANSPORT

The author provided the relevance of management and risk assessment in the management of safety in air companies, as well as basic normative documents regulating risk management in aviation. The author also examined techniques for quantitative risk assessment used at aviation enterprises. Technique of quantitative risk assessment using FTA and ETA-analysis was offered.

Key words: airline fares, security, risk management, analysis, quantification, FTA and ETA-analysis.

Bibliography:
1. Bogatikov, A. V. Redaction of risks in aviation /A.V.Bogatikov. – M.: Marketing, 1998. – 62 p.
2. Control directive safety of flights (CDSF) IKAO, 2009.– 318 p. – ISBN 978-92-9231-410-1.
3. Management of risks of the organizations. The integrated model. A summary. Conceptual bases? Committee of the sponsor's organizations of Commission Tredveja (COSO), 2004.– 215 p.
4. Ryabinin, I.A. Reliability and safety structurally-difficult sistem./I.A.Rjabinin?. – SPb.: Politechnica, 2000. – 248 p.
5. Garelsky, V.A. Management of quality of services in maintenance service and repair of vicles [Text]: the author's abstract dis.... Cand.Tech.Sci.: 05.02.23 / Garelsky Vadim Anatolevich; [Orenburg st. Un.]. – Orenburg, 2009. – 16 p.6 GOST P 51901.13-2005 Management of risk. The failure tree analysis. – Reg. 2005-06-01.-M.: Publishing house of standards. 2005.-38 p.
7. GOST P 51901.1-2002 Management of risk. The analysis of risk of technological systems. – Reg. 2001-01-01.-M.: Publishing house of standards. 2002.-47 p.
8. Solozhentsev, E.D. Scenary logic-probability management of risk in business and the technics. / E.D. Solozhentsev. – SPb.: The publishing house of «Business press», 2004. – 432 p.