

УДК 656.7:004.21

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ВОЗДУШНЫХ ПЕРЕВОЗОК© 2012 А. А. Бутов¹, В. Д. Шаров², В. П. Макаров², А. И. Орлов³¹Ульяновский государственный университет²Группа компаний «Волга-Днепр, Управляющая компания, г. Москва³Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

В статье рассматривается разработка автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий.

Прогнозирование, оценка риска, авиационное происшествие, «дерево», экспертные оценки.

Введение

Группа компаний (ГрК) «Волга-Днепр», являющаяся крупнейшим авиационным грузоперевозчиком РФ и контролирующая более 50% мирового рынка авиaperевозок негабаритных грузов, уделяет особое внимание внедрению передовых методов управления безопасностью полетов. В 2010 г. ГрК совместно с Ульяновским государственным университетом инициировала инновационный проект по разработке автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий (АП) при организации и производстве воздушных перевозок (АСППАП), который был поддержан Правительством РФ в рамках выполнения Постановления № 218 от 9 апреля 2010г. К работе в качестве консультантов были подключены ведущие ученые РФ в области управления безопасностью полетов, риск-менеджмента и «человеческого фактора» из МГТУ ГА, МГТУ им. Н.Э. Баумана, С-Петербургского ГУГА, Межгосударственного Авиационного Комитета, ОКБ Миля и других организаций. Для обеспечения высокопрофессиональной экспертной оценки хода реализации проекта был сформирован экспертный совет при Президенте ГрК под руководством член-корреспондента РАН Н.А. Махутова.

Цель проекта – повышение безопасности полетов воздушных перевозок за счет перехода в авиакомпаниях ГрК к превентивной системе управления рисками безопасности полетов на основе их количественной оценки с использованием

программных средств и математического моделирования.

Разрабатываемая система направлена на решение следующих основных задач:

1. оперативный прогноз вероятности авиационных событий (АС) в предстоящем полете с указанием влияющих факторов опасности и возможностью корректировки прогноза с учетом предлагаемых вариантов управленческих решений;
2. долгосрочный прогноз периодов критической вероятности авиационных происшествий с указанием влияющих факторов опасности (ФО) и возможностью корректировки прогноза с учетом предлагаемых вариантов управленческих решений;
3. количественная оценка системных рисков для безопасности на основе анализа информации об эксплуатационной деятельности авиакомпании и формирование вариантов корректирующих и предупреждающих действий с оценкой их эффективности на основе расчета предотвращенного ущерба;
4. мониторинг принятых в авиакомпании показателей уровня безопасности полетов с обеспечением автоматизированной процедуры расчета текущих и директивных уровней.

Прогнозирование авиационных происшествий

Прогноз вероятности авиационных происшествий выполняется на основе моделирования развития авиационных событий в полете в виде «дерева», которые

представляет собой логические схемы, отражающие возможные сценарии развития события от проявлений факторов опасности и их комбинаций через промежуточные события и барьеры безопасности в авиационные происшествия определенного типа. Методология построения «деревьев» описана в [1].

Тип событий – непосредственно наблюдаемые обстоятельства особой ситуации с воздушным судном на земле или в воздухе [2], например: выкатывание за пределы ВПП, потеря управляемости в полете.

На основе математического описания причинно-следственных связей «дерева» формируется модель прогнозирования вероятности авиационных происшествий.

В качестве исходных данных для модели прогнозирования используются результаты расшифровки записей средств объективного контроля полетов, данные по надежности авиационной техники, российская и мировая статистика авиационных событий, метеоинформация, база данных авиационного страхования об ущербе от авиационных происшествий в мере, информация по авиационной безопасности, в том числе об уровне защищенности объектов от террористической деятельности.

Экспертные оценки

В проекте большой объем занимают работы с применением экспертных технологий [3]. Выделен набор прикладных задач, для решения которых необходимо применение экспертных оценок. Так, при краткосрочном прогнозировании эксперты оценивают передаточные коэффициенты причинно-следственных связей дерева (условные вероятности в обобщенных формулах Байеса). Для прогнозирования авиационных событий в Центре управления воздушными перевозками будет использована «светофорная система» (т.е. трехбалльная система: зеленый – желтый – красный), границы между областями определены с помощью экспертов. Правила принятия решений при том или ином сочетании цветов 12 светофоров могут быть выработаны только путем многоэтапной

экспертной процедуры с участием опытного летного состава. Долгосрочный прогноз периодов критической вероятности авиационного происшествия строится с указанием факторов опасности (угроз) по группам «Человек», «Машина», «Среда». Большинство алгоритмов сбора и анализа экспертных оценок основано на предположении, что экспертные оценки измерены в порядковых шкалах, поскольку экспертам (летному составу), в частности, легче сказать, какое событие встречается чаще, а какое реже, чем оценить число осуществления событий на 1000 полетов.

Экспертные оценки используются в тех случаях, когда статистические данные отсутствуют или в настоящее время недоступны. По мере проведения дополнительных исследований экспертные оценки будут заменяться на объективные данные.

Количественная оценка рисков

Количественная оценка рисков для безопасности полетов в стоимостной и натуральной форме проводится на основе анализа информации об эксплуатационной деятельности авиакомпании. Риск в стоимостном выражении на первом этапе развития системы оценивается стоимостью среднего ожидаемого ущерба в денежном эквиваленте, рассчитанном на час полета. Риск в натуральном выражении – это вероятность гибели человека (нанесение непоправимого вреда здоровью), а также безвозвратная потеря уникального самолета Ан-124-100 в результате авиационного происшествия, приведенная на час полета. На следующих этапах выполнения проекта предполагается рассмотреть использование квантилей функции распределения случайного ущерба, а также моделей оценки, анализа и управления рисками на основе теории нечетких множеств и статистики интервальных данных [4].

Разработка рекомендаций по предотвращению АП

Система должна выполнять расчет риска по каждому типу АС и общего риска, выявлять наиболее значимые факторы опасности в группах «Человек», «Машина», «Среда». Конечной целью АСПАП

является поддержка принятия управленческих решений (УР) по снижению риска АП. Для решения данной задачи формируется база данных (БД), которая содержит наборы рекомендаций по УР оперативного, среднесрочного и долгосрочного характера с оценкой их эффективности.

Прогнозирование эффективности УР выполняется по специально разработанной методике, основанной на результатах, описанных в [5], с адаптацией в авиакомпании «Волга-Днепр» опыта группы «Commercial Aviation Safety Team» (США).

Риск каждого типа АС и общий риск в АСППАП рассчитываются как:

$$R_i = P_i \cdot S_i; \quad R = \sum_1^n R_i;$$

где P_i – вероятность АС типа, $i=1\dots 12$;
 S_i – средний ущерб.

Методики расчетов для оперативного, среднесрочного и долгосрочного прогнозирования в целом аналогичны и различаются набором исходных данных.

В АСППАП устанавливаются приемлемые уровни риска для одного АС и для суммарного риска (светофорная модель). При превышении этих уровней по одному/нескольким АС или суммарного риска АСППАП указывает ФО, которые внесли наибольший вклад в риск, выдает предупреждение и формирует рекомендации по УР.

Поскольку общее количество ФО превышает 400, предложена «свертка» ФО в виде укрупненных факторов (УФО). Соответственно, каждый УФО имеет двойной индекс ik , где $k=1\dots u$ – номер УФО для i -го АС. На основании экспертных оценок, выполняемых по передовым технологиям [3], рассчитывается вклад $G_{ik} \in (0,1)$, $\sum G_{ik}=1$, каждого k -го УФО в общий риск i -го АС.

Каждое УР характеризуются параметрами:

- эффективностью воздействия УР на УФО в виде доли предотвращенного риска

$$F_j^{ik} = \{0,1\}; j=1\dots m \text{ - номер УР};$$

- степенью внедрения УР в виде доли летного персонала, прошедшего обучение,

части парка ВС, на которой проведена проверка агрегатов, $H_j \in (0,1)$;

- стоимостью реализации УР, C_j .

На основании известных формул теории вероятностей рассчитываются:

- доля риска АС, приходящаяся на УФО

$$R_{iq} = R_i \cdot G_{iq},$$

- вероятность того, что УФО не проявится при внедрении одного действия:

$$Q_j^{ik} = H_i \cdot F_j^{ik};$$

- вероятность того, что УФО не проявится при внедрении всех УР*

$$Q^{ik} = 1 - \prod_{j=1}^6 (1 - K_i F_j^{ik});$$

- устраненный риск данного УФО после внедрения одного УР

$$\Delta R_j^{ik} = R^{ik} \cdot Q_j^{ik};$$

- остаточный риск данного УФО после внедрения данного УР

$$R_{jo}^{ik} = R^{ik} - \Delta R_j^{ik};$$

- устраненный риск данного УФО после внедрения всех (нескольких) УР

$$\Delta R^{ik} = R^{ik} \cdot Q^{ik};$$

- остаточный риск данного УФО после внедрения всех (нескольких) УР

$$R_o^{ik} = R^{ik} - \Delta R^{ik};$$

- устраненный риск АС после внедрения одного УР:

$$\Delta R_j^i = \sum_{k=1}^z \Delta R_j^{ik};$$

- остаточный риск АС после внедрения УР

$$R_{jo}^i = R^i - \Delta R_j^i;$$

- устраненный риск АС после внедрения всех (нескольких) УР

$$\Delta R^i = \sum_{j=1}^m \Delta R_j^i;$$

- остаточный риск АС после внедрения всех (нескольких) УР

$$R_o^i = R^i - \Delta R^i;$$

- общий устраненный риск АК после внедрения данного УР

$$\Delta R_j = \sum_{i=1}^h \Delta R_j^i ;$$

- общий остаточный риск после внедрения данного УР,

$$R_{jo} = R^i - \Delta R_j ;$$

- общий устраненный риск после внедрения всех (нескольких) УР

$$\Delta R_j = \sum_{j=1}^m \Delta R_j ;$$

- общий остаточный риск после внедрения всех (нескольких)

$$R_o = R - \Delta R ;$$

- доля общего риска, устраненная УР

$$\Delta R_j (\%) = \frac{\Delta R_j}{R} 100\% ;$$

- прогноз общей эффективности УР

$$\Delta R_j^C = \frac{\Delta R_j}{C_j} ;$$

- эффективность УР для данного АС

$$\Delta R_j^{iC} = \frac{\Delta R_j^i}{C_j} .$$

Таким образом, ЛПР предоставляется оценка каждого УР и их сочетаний по нескольким критериям: снижению общего уровня риска, снижение риска отдельных типов, снижение риска на единицу вложенных в УР средств и др.

Выбор критерия для оценки и окончательное принятие решения остается за ЛПР.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и

науки РФ в рамках Постановления Правительства РФ № 218.

Библиографический список

1. Шаров, В.Д. Методология применения комбинированного метода FMEA-FTA для анализа риска авиационного события [Текст] / В.Д. Шаров, В.П. Макаров // Научный вестник МГТУ ГА, серия Эксплуатация воздушного транспорта. Безопасность полетов, №174, 2011. С.18-24.
2. Руководство по информационному обеспечению автоматизированной системы обеспечения безопасности полетов воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (АСОБП). – М.: «Аэронавигационное консалтинговое агентство», 2002.
3. Орлов, А.И. Организационно-экономическое моделирование: Ч.2. Экспертные оценки [Текст] / А.И. Орлов - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. - 486 с.
4. Орлов, А.И. Экономическая оценка рисков при управлении безопасностью полетов [Текст] / А.И. Орлов, В.М. Рухлинский, В.Д. Шаров // Материалы I Международной конференции «Стратегическое управление и контроллинг в некоммерческих и публичных организациях: фонды, университеты, муниципалитеты, ассоциации и партнерства»: выпуск №1. – М.: НП «ОК», 2011. – С. 108-114.
5. Зубков, Б.В. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов [Текст] / Б.В. Зубков, В.Д. Шаров – М: МГТУ ГА, 2010. -196 с.

AVIATION ACCIDENTS FORECASTING AND PREVENTION AT THE ORGANIZATION AND PERFORMANCE OF FLIGHTS

© 2012 A. A. Butov¹, V. D. Sharov², V. P. Makarov², A. I. Orlov³

¹Ulyanovsk State University

²Volga-Dnepr Group, Moscow

³Moscow State Technical University named after N. E. Bauman

Creation of scientific methods of aviation accidents prevention is important for reduce of accident rate in civil aviation. The development of the automated system of forecasting and prevention of aviation accidents is considered in the present paper.

Forecasting, risk assessment, aviation accident, «tree», expert estimates.

Информация об авторах

Бутов Александр Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики, Ульяновский государственный университет. E-mail: pm@ulsu.ru. Область научных интересов: теория случайных процессов, стохастическое имитационное моделирование.

Макаров Валерий Петрович, методист департамента предотвращения авиационных происшествий, Группы компаний «Волга-Днепр». E-mail: valmaka@yandex.ru. Область научных интересов: риск-менеджмент, анализ надежности, управление безопасностью полетов.

Орлов Александр Иванович, доктор технических наук, доктор экономических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, директор Института высоких статистических технологий и эконометрики Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. E-mail: prof-orlov@mail.ru. Область научных интересов: статистические методы, экспертные оценки, организационно-экономическое моделирование.

Шаров Валерий Дмитриевич, кандидат технических наук, заместитель директора Департамента предотвращения авиационных происшествий, Группа компаний «Волга-Днепр» E-mail: V.Sharov@Volga-Dnepr.com/ Область научных интересов: безопасность полетов, воздушная навигация.

Butov Alexandr Alexandrovich, Dr. Sci. Phys.-Math., the full professor, the head of the applied mathematics department of Ulyanovsk State University. Area of research: stochastic processes theory, stochastic simulation modelling.

Makarov Valerii Petrovitch, Methodist of flight accident prevention department in Volga-Dnepr Group. E-mail: valmaka@yandex.ru. Area of research: risk management, reliability analysis, management of flight safety.

Orlov Alexander Ivanovich, the Dr.Sci.Tech., the Dr. Sci.Econ., PhD. of mathematics, the full professor, the director of Institute of high statistical technologies and econometrics of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: prof-orlov@mail.ru. Area of research: statistical methods, expert estimations, organizational-economic modelling.

Sharov Valeriy Dmitrievich, candidate of technical science, Deputy Director of Aviation Accident Prevention Department of Volga-Dnepr Group. E-mail: V.Sharov@Volga-Dnepr.com/. Area of research: flight safety, air navigation.