

УДК 334(075.8)

ОЦЕНКА РИСКОВ И ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

© 2017 В.П. Махитько, Г.В. Дмитриенко, Е.А. Гаврилова

Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

Статья поступила в редакцию 21.09.2017

Рассмотрены актуальные вопросы обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации. Приведены методики оценки риска и факторов опасности при проектировании, производстве и эксплуатации воздушных судов.

Ключевые слова: воздушное судно, безопасность полетов, надежность, риски, факторы опасности.

Проблема управления рисками очень актуальна на сегодняшний день. Риск является сложной, порой неразрешимой проблемой. Неспособность предприятий принимать обоснованные решения в условиях риска, адаптироваться к возникшим нестандартным условиям производственной деятельности является основной причиной ее спада и банкротства.

Управление рисками – это совокупность системно организованных процедур по достижению величины риска в определенных пределах. Риск предполагает деятельность, связанную с преодолением неопределенности в ситуации неизбежного выбора, в процессе которой имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения предполагаемого результата, неудачи и отклонения от цели.

Управление риском в области безопасности полетов (БП) в авиационной отрасли – сравнительно новое направление деятельности. Более глубокие исследования в этой области стали проводиться в начале нынешнего века.

Использовать в авиационной отрасли опыт управления рисками, затруднительно, поскольку имеются особенности авиационно-транспортной системы (АТС), которые заключаются в следующем:

- чрезвычайная сложность АТС, обусловленная разнообразием входящих в нее подсистем и элементов, многочисленностью их связей и взаимозависимостей;
- высокий уровень неопределенности воздействия внешних опасных факторов, как природных, так и искусственных;
- особая и разноплановая роль человека на

разных этапах организации, подготовки и выполнения авиационных перевозок;

- глобальный характер деятельности, социальная значимость и повышенное внимание к воздушному транспорту в обществе.

В отрасли в настоящее время не сформирован единый универсальный подход к управлению риском для безопасности полетов. Руководящие документы Международной организации гражданской авиации (ИКАО) не являются достаточными для построения эффективной системы на уровне авиакомпании. В отечественной гражданской авиации ощущается недостаток как нормативных документов по системе управления безопасностью полетов (СУБП), так и сколько-нибудь подробных и обоснованных руководств по ее разработке, формированию и внедрению.

Вместе с тем, в соответствии со Стандартом Приложений 6, 8, 11, 13 и 14 ИКАО, принятыми РФ, система управления безопасностью полетов (СУБП) должна стать обязательным атрибутом любого российского авиапредприятия, связанного с летной и технической эксплуатацией, аэродромным и аэронавигационным обслуживанием.

В статье предлагается рассмотреть подход, который при разработке и документировании методов и процедур управления рисками для БП позволяет обеспечить:

- выявление источников и факторов опасности;
- оценку и уменьшение рисков для БП.

Выявление факторов опасности является первым шагом в процессе сбора, учета и использования информации о рисках для БП в основной производственной деятельности авиапредприятия. В рамках СУБП следует разумно комбинировать три известных метода управления рисками [3]:

- «реактивный» – работа только по анализу последствий событий, негативно влияющих на летную годность (ЛГ) и БП авиационной техники (АТ);
- «проактивный» – работа по выявлению и анализу событий, имевших место, но не завер-

Махитько Вячеслав Петрович, доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой управления и экономики на воздушном транспорте.

E-mail: mvp-1945@mail.ru

Дмитриенко Герман Вячеславович, доктор технических наук, профессор.

Гаврилова Екатерина Александровна, аспирантка.
E-mail: K.gavrilova 1985@mail.ru

шившихся авиационных происшествий (АП) и содержащих признаки существующих угроз и требующих анализа и оценки рисков для БП;

- «прогностический» – работа по выявлению и анализу вероятных угроз с оценкой соответствующих рисков.

Все три метода включают этапы разработки и принятия корректирующих мер для исключения угроз или снижения рисков для БП.

Методы и процедуры выявления угроз в управлении рисками для БП подробно рассмотрены в руководстве по управлению безопасностью полетов (РУ) БП ИКАО.

При создании системы управления безопасностью полетов важно достичь понимания различий между угрозами (факторами опасности) для БП и последствиями проявления этих факторов для БП.

Опасность определяется как свойство или состояние предмета анализа, создающее угрозу получения травм персоналом, ущерба или утраты АТ или объемов инфраструктуры, повреждения иного имущества или снижения качества функционирования технических средств.

Факторы опасности можно подразделить на три группы:

- 1) естественные факторы (климатические, экологические и т.д.);
- 2) технические факторы (особенности конструкция АТ, технические характеристики инфраструктуры авиапредприятия и т.п.);
- 3) экономические факторы (состояние бюджета авиапредприятия, рост или спад экономики отрасли, уровень цен и т.д.).

Последствия определяются как реальный или возможный результат проявления фактора опасности. Они могут быть локализованы или иметь несколько видов последствий из-за проявления одного или нескольких факторов опасности.

При выявлении факторов опасности применительно к разработке АТ необходимо в рамках СУБП обеспечить отслеживание довольно протяженной цепочки, связывающей конкретный фактор опасности, рассмотренный еще на стадии разработки АТ с его возможными последствиями на стадии производства и эксплуатации АТ. Примером тому является многопараметрическая связь между совершенством конструктивной проработки узлов крыла, потенциально опасных по их усталостной прочности, и возможными последствиями упущений в процессе разработки и изготовления таких узлов. Совершенство конструкции узла по критерию безопасности характеризуется:

- возможностями использованных методов расчета статической и усталостной прочности;
- достаточностью объема ресурсных испытаний образцов панелей;
- соответствием методов изготовления при

серийном производстве директивной технологии, предписанной в рабочей конструкторской документации ВС;

- тщательностью проработки вопросов эксплуатационной технологичности узла (доступность для визуального и инструментального контроля и т.п.);

- адекватностью программы технического обслуживания ВС принятым при проектировании узлов принципам обеспечения безопасности по условиям прочности и усталости и др.

Обнаружение в процессе эксплуатации в данном месте трещин недопустимой длины или развития трещин с недопустимой скоростью является сигналом об угрозе БП. Прохождение этого сигнала по цепям обратной связи, которые должны быть предусмотрены в СУБП авиапредприятия, предполагает соответствующие реакции системы, направленные на устранение опасности и снижение рисков, либо реальных потерь от ее последствий.

С развитием современных средств диагностики состояния конструкций (дифрактометрия, интегральные датчики деформаций и т.д.) можно ожидать появления новых «прямых» методов и средств, позволяющих объективно оценивать не только накапливаемую повреждаемость, но и уверенно прогнозировать остаточный ресурс конкретного экземпляра конструкции, однако их практическое применение в авиации вряд ли возможно в ближайшее время.

Следует отметить, что ограниченные возможности разработчиков в определенной мере компенсировались большим объемом проводимых научно-исследовательских работ по анализу влияния различных эксплуатационных факторов на повреждаемость конструкции самолетов различных типов.

На авиапредприятии может быть несколько способов выявления факторов опасности, как на основе внутренних источников, так и внешних.

Примерами внутренних источников могут служить:

- данные сертификационных и заводских испытаний ВС;
- система добровольных сообщений об угрозах ЛГ и БП внутри авиапредприятия;
- систематический анализ состояния БП;
- общие программы постоянного мониторинга деятельности авиапредприятия;
- обратная связь, реализуемая в процессе подготовки и переподготовки персонала авиапредприятия;
- результаты расследования АП и инцидентов с ВС.

Примерами внешних источников могут служить:

- данные парка ВС, эксплуатируемые авиакомпаниями;

- результаты расследования АП и инцидентов с эксплуатируемыми в авиакомпаниях ВС;
- данные государственных систем обязательного информационного обмена (в том числе – государственных систем добровольного информирования об угрозах БП);
- результаты государственного надзора и контроля.

В процессе выявления факторов опасности следует обратить внимание на ситуации, при которых необходимо проведение исследований и разработки мероприятий по отдельным факторам опасности:

- случаи, когда в организации происходит необъяснимое увеличение числа связанных с БП событий или нарушений нормативных положений;
- планирование и проведение радикальных изменений в процессах разработки или производства, включая замену ключевых технологий или персонала;
- планирование и проведение радикальных изменений в организационной структуре (диверсификация или сокращение производства, резкий рост объемов производства, корпоративное слияние, расширение или сокращение отдельных подразделений).

Выявленные факторы опасности необходимо учитывать и систематизировать в журнале учета факторов опасности с присвоением номера каждому фактору опасности в журнале учета.

Допускается вести журнал учета факторов опасности в бумажной или электронной форме. Журнал должен содержать описание каждого фактора опасности, его последствий, оценку вероятности и серьезности факторов риска для ЛП и БП, связанных с этими последствиями, а также требуемые средства контроля факторов и меры по уменьшению риска.

Для повышения качества и точности планирования эксплуатационных параметров ВС целесообразным следует считать расширение моделей планирования за счет учета в них факторов неопределенности. Этот учет может быть реализован за счет:

- создания определенного «запаса прочности» в технической эксплуатации ВС, т.е. выбор средств поддержки эксплуатационных параметров ВС с высоким уровнем надежности (возможно в ущерб некоторым экономическим характеристикам);
- предвидения развития опасных ситуаций и разработки алгоритмов их распознавания и разрешения (например, с использованием ситуационного моделирования, структурной и параметрической адаптации моделей планирования и управления эксплуатацией).

Создание «запаса прочности» в технической эксплуатации ВС связано:

- с определением и выбором в технической эксплуатации ВС с максимальным уровнем надежности;
- с включением в алгоритмы планирования технической эксплуатации ВС различных страховых параметров, например буферных интервалов и т.д.
- с формированием множества допустимых управляющих воздействий.

Снижению рисков и угроз в системе БП способствуют проектные, производственные и эксплуатационные параметры надежности. Интуитивно можно предположить, что высокий уровень надежности технической эксплуатации ВС будет способствовать повышению ее устойчивости и уменьшению риска. Для оценки устойчивости технических характеристик ВС следует рассмотреть виды надежности, характеризующие состояние ВС в условиях эксплуатации и технического обслуживания. В техническом обслуживании и ремонте (ТОиР) ВС оценивают эксплуатационную (реальную) надежность ВС.

Под *эксплуатационной надежностью* ВС понимают надежность, определяемую в реальных условиях эксплуатации с учетом комплексного воздействия внешних и внутренних опасных факторов, связанных с климатическими и географическими особенностями эксплуатации, реальными режимами работы функциональных систем ВС и условиями их обслуживания.

Проектная надежность ВС определяется в основном надежностью структуры ВС (производственной надежностью) и надежностью технической эксплуатации (эксплуатационной надежностью).

Под *производственной надежностью* ВС понимают надежность, которую можно обеспечить в данных конкретных условиях их применения при идеальной (абсолютно надежной) технической эксплуатации (ТЭ) и ТОиР.

Структурную модель формирования проектной надежности ВС можно представить в виде

$$A = AB, \quad (1)$$

где A — событие, означающее достижение результатов поставленных задач при эксплуатации ВС; B — событие, означающее безотказность эксплуатации ВС в процессе выполнения этих задач.

Вероятность события A

$$P(A) = P(A/B)P(B), \quad (2)$$

где $P(A)$ — полная вероятность выполнения ВС поставленной задачи в процессе эксплуатации; $P(A/B)$ — условная вероятность выполнения ВС поставленной задачи в процессе эксплуатации, вычисленная при условии безотказной эксплуатации ВС; $P(B)$ — вероятность безотказной эксплуатации ВС в процессе выполнения поставленной задачи.

Событие B сложное, и его можно представить в виде произведения событий:

$$B = B_1 B_2 B_3 B_4, \quad (3)$$

где B_1 — отсутствие в ВС факторов опасности при проектировании; B_2 — отсутствие в ВС производственных факторов опасности; B_3 — отсутствие в ВС факторов опасности монтажа; B_4 — отсутствие факторов опасности в эксплуатационно-технической документации для обслуживания ВС.

На основании модели (3) можно записать

$$P(B) = P(B_1)P(B_2/B_1)P(B_3/B_1B_2)P(B_4/B_1B_2B_3), \quad (4)$$

где $P(B_1)$ — вероятность безопасного проекта ВС; $P(B_2/B_1)$ — вероятность безопасного изготовления ВС при условии отсутствия факторов опасности в проектной документации; $P(B_3/B_1B_2)$ — вероятность безопасной сборки и монтажа ВС при условии безопасного проектирования и изготовления ВС; $P(B_4/B_1B_2B_3)$ — вероятность безопасной эксплуатационно-технической документации при отсутствии факторов опасности проекта, изготовления и монтажа ВС. Введя обозначения

$$R = P(A); R_{II} = P(A/B); R_{\Phi} = P(B), \quad (5)$$

представим модель (5) в виде

$$R = R_{II} R_{\Phi}, \quad (6)$$

где R , R_{II} и R_{Φ} — обобщенные показатели проектной, производственной и эксплуатационной надежности ВС соответственно.

Модель (6) является фундаментальной моделью теории надежности для ВС, на ее основе должны быть построены все теоретические и практические работы по определению, контролю и обеспечению надежности ВС на всех стадиях их разработки, ввода в эксплуатацию и эксплуатации.

Следует считать, что эта модель разделяет ответственность заказчика, разработчика и потребителя за надежность ВС: разработчик несет ответственность за проектную надежность, изготовитель — за производственную, пользователь — за эксплуатационную. Такое разделение ответственности позволяет построить интегрированную систему управления надежностью ВС на уровне тесного взаимодействия предприятий-участников жизненного цикла ВС.

Для успешного решения задач сохранения и повышения надежности ВС на стадии эксплуатации специалисты ТООР должны четко представлять место и роль производственной надежности в системе формирования проектной надежности и учитывать эксплуатационную надежность, при снижении которой все усилия разработчиков по сохранению и повышению производственной надежности сводятся на нет. Специалисты предприятия — раз-

работчика и изготовителя ВС должны также в совершенстве владеть методами факторного анализа формирования производственной надежности ВС на всех стадиях их разработки и эксплуатации.

При определении точечных оценок показателей производственной R_{II} , эксплуатационной R_{Φ} и проектной R надежности ВС находят также точечные оценки их средних квадратических отклонений $\sigma_{R_{II}}, \sigma_{R_{\Phi}}, \sigma_R$. Эту задачу решают, используя общие правила вычисления средних квадратических отклонений функций в зависимости от средних квадратических отклонений аргументов, изложенных в курсах теории вероятностей и математической статистики [1].

Для оценки вероятности небезопасных событий (состояний) при эксплуатации ВС важно иметь максимально полную базу данных по событиям, связанным с ЛГ и БП ВС, создаваемой на авиапредприятии, а также — по аналогичному ВС других разработчиков и (или) изготовителей. При оценке надежности ВС и управления рисками для БП целесообразно использовать оценки вероятности в виде диапазонов ее значений, что позволяет обеспечить приемлемую точность при упрощении анализа событий при эксплуатации ВС.

Когда определены основные направления деятельности авиапредприятия, необходима постановка и корректировка основных операционных задач в области управления рисками. Необходимо, чтобы все поставленные задачи были доведены до работников структурных подразделений, осуществляющих свою деятельность в области обеспечения БП. Процесс анализа рисков в отношении БП будет считаться завершенным в том случае, когда будут выработаны все меры по предотвращению опасностей в будущем (либо снижения вероятности их появления).

В табл. 1 представлен пример постановки задач и выработанных мероприятий с разработкой основных рекомендаций [2].

Разработка эффективных рекомендаций после проведения процесса идентификации способствует принятию правильных решений и снижения опасностей, связанных с рисками на более поздних этапах управления.

Группы, осуществляющие свою работу в рамках программы по оценке рисков в отношении БП, должны иметь возможность давать вышестоящему руководству рекомендации по требуемым изменениям процессов или по необходимым превентивным действиям. Независимо от того, принята или нет их рекомендация, она необходима для мониторинга и облегчения выполнения последующих циклов управления риском.

Таблица 1. Постановка задач и выработанные мероприятия

№ п/п	Задача	Рекомендации
1	Повышение качества технического обслуживания	1. Минимизация влияния человеческого фактора при выполнении технического обслуживания ВС. 2. Контроль за состоянием ВС, приходящих из ремонта от авиапредприятий. 3. Проведение аудита сторонних организаций, осуществляющих техническое обслуживание, как в базовом аэропорту, так и на линейных станциях. 4. Обеспечение контроля за деятельностью сторонних авиапредприятий, осуществляющих техническое обслуживание ВС.
2	Повышение надежности парка ВС	1. Снижение количества инцидентов, связанных с надежностью работы пилотажно-навигационного оборудования ВС. 2. Проведение мероприятий по устранению отказов системы управления передней стойкой шасси ВС. 3. Реализация структурными подразделениями, осуществляющими свою деятельность в области БП, мероприятий, изложенных в актах расследований авиационных событий
3	Устранение ошибок персонала, влияющих на уровень безопасности полетов	1. Распространение на предприятии учения «ЧФ». 2. Проведение соответствующего обучения персонала. 3. Разработка мероприятий по снижению вероятности проявления ЧФ при осуществлении всех видов эксплуатации ВС

Рекомендации могут быть направлены на повышение эффективности различных аспектов деятельности авиапредприятия:

- обучение инженерно-технического и летного персонала, работников, отвечающих за обслуживание;
- разработка мер по совершенствованию всех имеющихся процессов и существующих в авиакомпании технологий;
- разработка мер по повышению надежности агрегатов ВС;
- разработка новых регламентов обслуживания ВС;
- привлечение специалистов промышленности и специалистов авиационных властей для поиска решений вопросов эксплуатации ВС.

Закончив процесс идентификации опасностей, составив первичный перечень рисков и проведя разработку мер по снижению вероятности возникновения опасностей, следует перейти ко второму этапу метода воздействия, когда,

основываясь на решении руководства, происходит разработка и внедрение корректирующих и предупреждающих действий персонала на всех этапах жизненного цикла ВС.

На основании вышеизложенного, следует отметить, что повышение эффективности работы по выявлению и устранению аварийных факторов, в первую очередь при реализации рекомендаций по расследованию авиационных происшествий, инцидентов, зависит от оценки обобщающих анализов безопасности полета, что является обязательным условием повышения безопасности полетов при эксплуатации ВС.

При этом, реализация рекомендаций по расследованию авиационных происшествий является неотъемлемой частью системы управления безопасностью полетов, изложенной на уровне требований Международной организацией гражданской авиации ИКАО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Долматов А.С.* Математические методы риск-менеджмента: учебное пособие. М.: Экзамен. 2007. 319 с.
2. *Васин С.М., Шутов В.С.* Управление рисками на предприятии: учебное. М.: Кнорус, 2016. 300 с.
3. *Зубков Б.В., Шаров В.Д.* Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке управления безопасностью полетов. М.: МГТУ ГА, 2010. 196 с.

ESTIMATION OF RISKS AND FACTORS OF DANGER IN THE SYSTEM OF SAFETY OF FLIGHTS OF AIR SHIPS

© 2017 V.P. Mahitko, G.V. Dmitrienko, E.A. Gavrilova

Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev

The pressing questions of providing of safety of flights are reconsidered in a civil aviation. Methodologies over of estimation of risk and factors of danger are brought at planning, production and exploitation of air ships.

Keywords: air ship, safety of flights, reliability, риски, factors of danger