

## Конкурс «Авиастроитель года» по итогам 2012 года

Номинация: «За создание новой научной модели физического явления или технологического процесса»

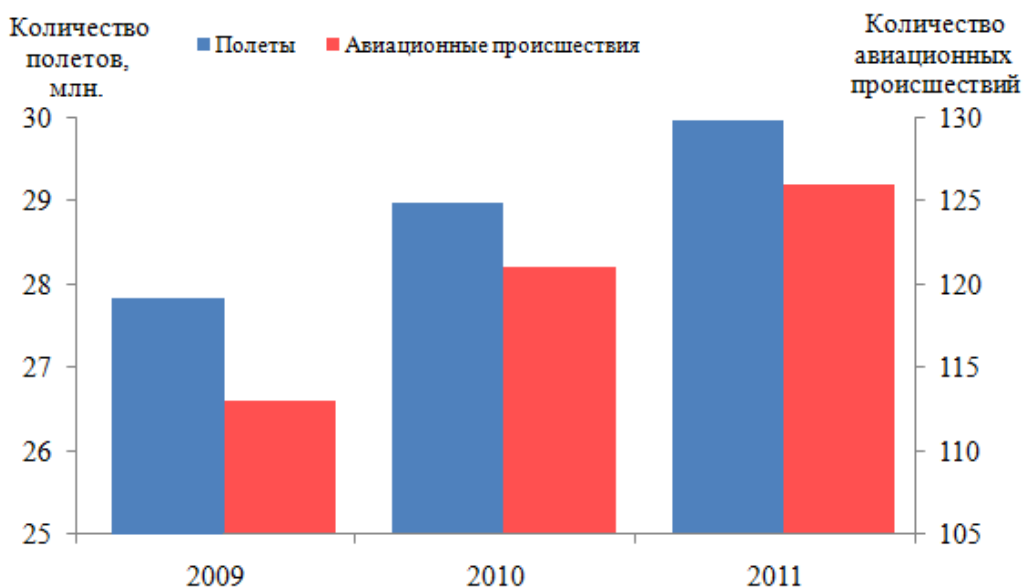
**Краткое описание выполненных работ по теме:**  
«Создание моделей развития авиационных происшествий для их прогнозирования и предотвращения»

Автор: Валерий Петрович Макаров

**Целью работы** является разработка модели развития авиационных происшествий для решения задачи их прогнозирования и предотвращения в конкретных условиях эксплуатации воздушного судна.

### Актуальность

Несмотря на достижения в области обеспечения безопасности полетов, в настоящее время наблюдается рост количества авиационных происшествий в мире, сопровождающий увеличение объемов воздушных перевозок (рис. 1).



**Рис. 1.** Рост количества авиационных происшествий в мире

Приведенные данные подтверждают прогнозы специалистов компании Boeing, которые отмечают, что в будущем возможно увеличение количества авиационных происшествий, если не будут реализованы дополнительные меры по их предупреждению.

Используемые в авиакомпаниях методы управления безопасностью полетов в основном направлены на профилактическую работу с произошедшими авиационными событиями, отказами и отклонениями. Достаточно развиты ретроактивная и проактивная стратегии управления безопасностью полетов. Прогностические методы, позволяющие заблаговременно выявлять потенциальные причины авиационных происшествий и предотвращать их, не достаточно разработаны.

## О создании моделей развития авиационных происшествий

Автором разработан оригинальный метод прогнозирования и предупреждения авиационных происшествий. Метод основан на анализе «дерева факторов опасности», позволяет оценивать вероятность авиационного происшествия определенного типа и выявлять его потенциальные причины в конкретных условиях эксплуатации воздушного судна (рис. 2).

### МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ



Рис. 2. Схематическая модель процедуры прогнозирования и предупреждения авиационных происшествий

«Дерево факторов опасности» (модель развития авиационных происшествий) – это логическая схема, отражающая возможные пути развития факторов опасности и их комбинаций через промежуточные события и барьеры безопасности в авиационное происшествие определенного типа.

Под факторами опасности понимаются ошибки пилотов, технические отказы систем и двигателей самолета, опасные воздействия внешней среды, влияющие на безопасность полетов.

Тип авиационных происшествий – непосредственно наблюдаемые последствия особой ситуации с самолетом на земле или в воздухе, например: выкатывание самолета за пределы взлетно-посадочной полосы (ВПП), столкновение самолетов в воздухе и другие типы событий. Каждый тип авиационных происшествий характеризуется специфическими сценариями развития событий, а также соответствующими причинами и последствиями, что требует разработки отдельного «дерева» для каждого типа.

«Дерево» моделирует возможные сценарии (наиболее типичные и кратчайшие) развития авиационных происшествий в полете.

Для примера, на рис. 2 представлено «дерево», описывающее один из сценариев выкатывания самолета за пределы ВПП на посадке, который реализовался почти в 50% случаев выкатывания самолетов ГА России за период 2007–2011 гг.

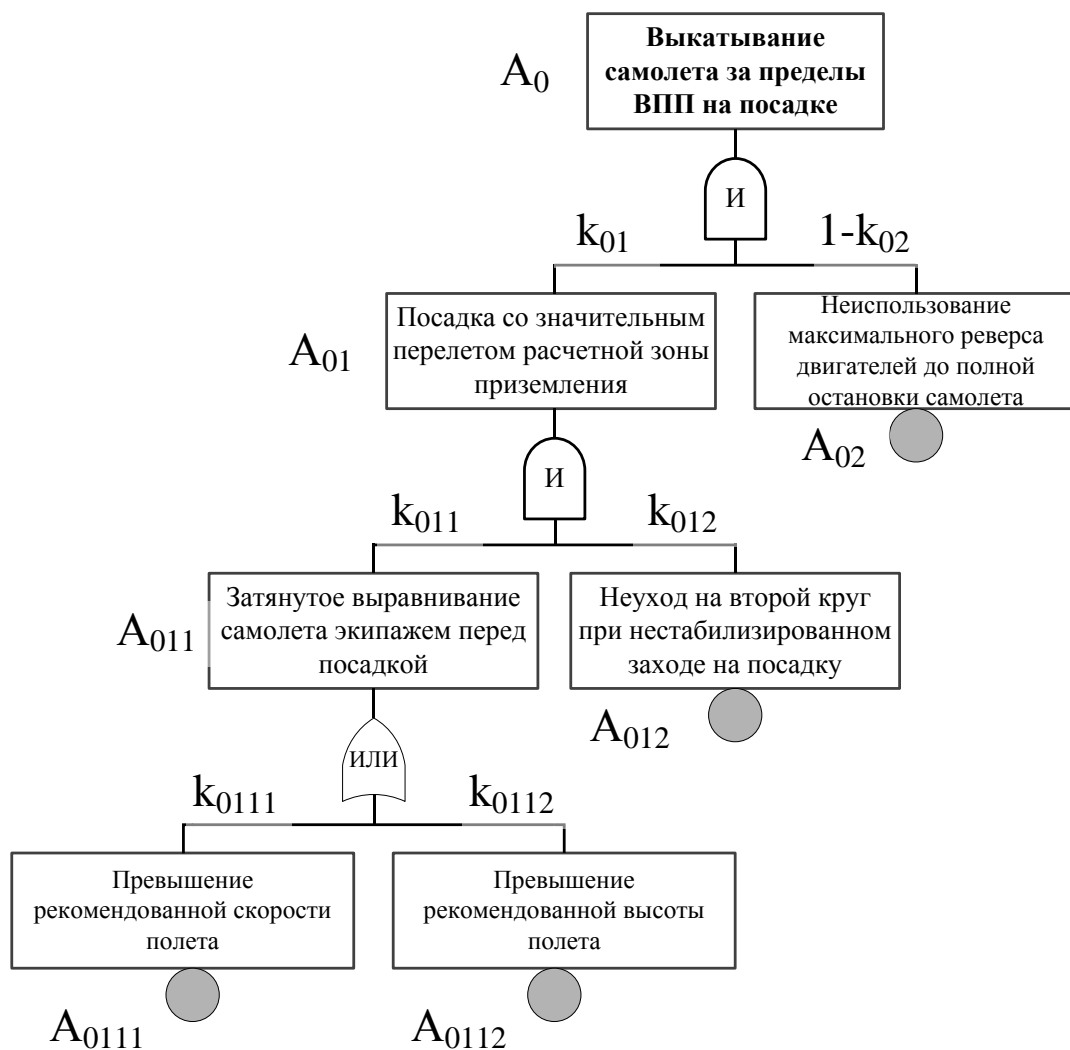
Для описания математической модели авиационного происшествия каждому событию «дерева» было присвоено цифробуквенное обозначение ( $A_i$ ), а также были введены коэффициенты  $k$  – условные вероятности реализации причинно-следственных связей «дерева», отражающие неопределенность и случайность развития особой ситуации в полете.

С учетом введенных обозначений прогностическая модель имеет вид следующих уравнений:

$$P(A_0) = k_{01} \cdot [k_{011} \cdot P(A_{011}) \cdot k_{012} \cdot P(A_{012})] \cdot (1 - k_{02}) \cdot P(A_{02}), \quad (1)$$

$$P(A_{011}) = 1 - k_{011} \cdot [1 - P(A_{011})] \cdot k_{0112} \cdot [1 - P(A_{0112})], \quad (2)$$

где  $P(A_0)$  – вероятность авиационного происшествия вследствие выкатывания самолета за пределы взлетно-посадочной полосы.



**Рис. 2.** Модель развития одного из сценариев авиационного происшествия при выкатывании самолета за пределы ВПП на посадке

### Результаты работы

В период 2010-2012гг. автор принимал непосредственное участие в разработке Автоматизированной системы прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий (АСППАП) в авиакомпании «Волга-Днепр» и внес значительный вклад, что подтверждается актом внедрения и благодарностью.

Автором были разработаны модели 10 типов авиационных происшествий, запрограммированные в АСППАП:

- столкновение исправного воздушного судна с землей;
- столкновение воздушных судов в воздухе;
- выкатывание за пределы взлетно-посадочной полосы;
- столкновение с объектом на земле;
- потеря управляемости в воздухе;
- пожар на воздушном судне;
- небезопасное касание ВПП;
- столкновение самолета с птицами;
- выключение двигателей в полете;
- разгерметизация самолета.

В созданных моделях описано более 150 возможных сценариев развития авиационных происшествий и охвачено более 400 факторов опасности (возможных причин).

В 2012г. в рамках научно-исследовательской работы автором был разработан оригинальный метод предотвращения выкатывания самолетов за пределы взлетно-посадочной полосы, основанный на анализе «дерева факторов опасности», который позволяет предупредить до 50% возможных авиационных происшествий данного типа. Метод был рекомендован Государственным центром «Безопасность полетов на воздушном транспорте» для применения в авиакомпаниях, что подтверждается актом внедрения.

Результаты работы обсуждались учеными и специалистами авиационной отрасли, имеются положительные отзывы ФАВТ, МАК, ИАТА, авиакомпаний «Аэрофлот», «Трансаэро», «ЮТейр».

### **Перспективы практического применения результатов работы**

Научный потенциал работы позволяет рассматривать ее в качестве концептуальной идеи при создании государственной системы управления безопасностью полетов в гражданской авиации, предусмотренной статьей 24.1 Воздушного кодекса Российской Федерации.

Применение разработанного метода в авиакомпаниях и его дальнейшее развитие позволит:

- сократить количество авиационных происшествий в гражданской авиации и тем самым: снизить уровень смертности и травматизма при авиаперевозках, сократить колоссальные ущербы авиакомпаний и государства, связанные с компенсацией (покрытием) ущербов от авиационных происшествий;

- повысить ответственность авиакомпаний перед пассажирами и уровень обеспечения гарантий безопасности при воздушных перевозках;

- повысить престиж российской авиации на мировом уровне за счет высоких показателей безопасности полетов.

Полученные результаты могут быть использованы при реализации Национального плана развития науки и технологий в авиастроении Российской Федерации на период до 2030 года, где одним из приоритетов является повышение уровня безопасности полетов.

Разработка автора соответствует пункту 21 перечня критических технологий Российской Федерации – «Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Разработанный метод может быть использован в других отраслях повышенного риска при решении задач предупреждения техногенных катастроф.

## Публикации по выполненной работе

1. Макаров В.П. Метод прогнозирования и предупреждения авиационных происшествий на основе анализа «дерева факторов опасности» // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва. – 2013 г.

2. Макаров В.П. Методика прогнозирования опасных отклонений параметров техники пилотирования // Научный вестник МГТУ ГА. – 2013. – №192 – С. 54–57.

3. Макаров В.П. Метод предотвращения в предстоящем полете выкатывания самолета за пределы ВПП при посадке // Приложение Б к отчету по НИР «Проведение исследований и обобщение происшедших в 2011 году инцидентов, связанных с выкатыванием самолетов коммерческой авиации за пределы взлетно-посадочной полосы на этапе посадки. Разработка дополнительных рекомендаций инструкторскому и летному составу по их предотвращению. Выпуск визуализации по наиболее серьезным событиям» Отчет по НИР, УДК 629.73.07; № госрегистрации 01201264787.

4. Макаров В.П. Разработка в авиакомпании системы менеджмента рисков в отношении безопасности полетов // Конкурс научно-технических работ и проектов «Молодежь и будущее авиации и космонавтики». Аннотации работ. – Москва. – 2012 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mai.ru/conf/mforum/2012/competition-2012.php> (Дата обращения: 02.07.13).

5. Макаров В.П. Предотвращение авиационных происшествий в гражданской авиации России // Сборник тезисов работ участников VI Всероссийского конференции обучающихся «НАЦИОНАЛЬНОЕ ДОСТОЯНИЕ РОССИИ». – НС «ИНТЕГРАЦИЯ», Государственный Дума ФС РФ, Минобрнауки России, Минобрнауки России, Минспорттуризм России, РОСКОСМОС, РАЕН, РИА, РАО, 2012.

6. Макаров В.П., Николайкин Н.И. Прогнозирование и предупреждение авиационных происшествий как метод снижения экологической опасности авиаперевозок // Всероссийский научно-методический и информационный журнал «Безопасность в техносфере». – 2012. – №4 (37). – С. 35 – 41.

7. Бутов А.А., Волков М.А., Макаров В.П., Орлов А.И., Шаров В.Д. Автоматизированная система прогнозирования и предотвращения авиационных происшествий при организации и производстве воздушных перевозок // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Том 14, №174 (2). – С. 380–385.

8. Шаров В.Д., Макаров В.П. Методология применения комбинированного метода FMEA-FTA для анализа риска авиационного события // Научный вестник МГТУ ГА. – 2011. – №174. – Сер. «Эксплуатация воздушного транспорта. Безопасность полетов». – С. 18–24.

Старший научный сотрудник  
ГосЦентра безопасности полетов

В.П.Макаров