

УДК 519.8:656.7

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЯХ С ОЦЕНКОЙ РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ УЩЕРБОВ**

Максименко О. А., Куклев Е. А.

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации  
г. Санкт-Петербург

Представлены результаты исследования по применению нового риск-ориентированного подхода при оценке безопасности полетов воздушных судов (ВС) в теории управления воздушным движением (УВД) с учетом возможных угроз в конфликтных ситуациях. Этот подход был разработан в NASA и получил подтверждение в ИКАО в таком документе, как Annex-19. Было предложено трактовать понятие (определение) "риска" по-новому как меру опасности в нечеткой трактовке (на основе школы "Беркли"- в США) [1]. Так, в публикации М. Fujito (Япония) [2] под названием "Frequency of Rare Events...", выполненной в 2009 г. по гранту ИКАО, было показано, что конфликты (collisions, catastrophes...) в системе УВД редкие. Вероятности этих событий лежат в зоне "хвостов" функций плотности распределения вероятностей, (ФПРВ), законы этих ФПРВ неизвестны, не могут быть описаны аналитически. Расчетные вероятности редких событий найти достоверно не удастся.

В данной работе в качестве примера конфликтной ситуации был рассмотрен инцидент со сбитием истребителя СУ-24 в Сирии (рис. 1, сведения по интернету). Основанием для подобного подхода является то обстоятельство, что катастрофы воздушных судов случаются редко, но их последствия могут быть значительными. К трагедии ВС обычно приводит цепочка редких неблагоприятных факторов. Однако условия возникновения катастрофы можно предвидеть и предотвратить заранее путем своевременной оценки условий полета и рисков возникновения негативных последствий. Должны быть приняты определенные меры предупреждения конфликтов ВС, в частности при УВД. Предлагается изучить конфликтную ситуацию с ВС СУ-24 с позиции проверки на соответствие правилам навигации этого ВС по документам ИКАО для регулирования УВД. Существуют и другие стандарты, но здесь это не является главным. В данной работе предлагается применение риск-ориентированного подхода по ИКАО при УВД самолетов для формирования проактивных (предупредительных) управляющих воздействий на систему УВД, обеспечивающих уменьшение рисков возникновения негативных последствий и повышение шансов выживания при неопределенности информации об опасных ситуациях. Используется новое понятие «риска» (по NASA) как «меры прогнозируемой опасности» или вреда при определённой угрозе для безопасности авиационных и технических систем при оценке критичности обнаруженных путей, ведущих к катастрофе при нерасчетных условиях эксплуатации воздушных судов. [1] Понятие «вероятности событий» исключается полностью, как не имеющее физического смысла в ситуациях с редкими событиями [2].

Теоретическую основу решаемой задачи в данной работе составляет типовая ситуация из теории игр и операций. При этом рассматривается конфликт 2-х сторон А и Б с использованием традиционного аппарата УВД и методик аэронавигационного обслуживания воздушного движения (АНО ВД) [1]. Применяется метод выявления и поиска таких дискретных состояний, которые обозначают «потерю свойств функциональности системы», строится модель опасности в виде процессов, приводящих к гибели (в данном примере к «сбитию ВС СУ-24»). Взвешиваются «риски и шансы» на основе Fuzzy Sets («нечеткие множества»). Составляются логические

«уравнения катастрофы» в соответствии со структурой булевой решетки состояний для дерева событий по FMEA. Выявляются сценарии и цепи событий, ведущих к катастрофе, на основе «уравнения катастрофы» по правилам алгебры логики. Поиск кратчайших путей к катастрофе производится без вероятностных показателей значимости обнаруженных путей, без математических ожиданий, дисперсий, без функций плотности распределения вероятностей и других параметров гауссовых моделей ввиду неопределенности информации и недостоверной статистики о редких событиях. Таким событием является возможное уничтожение высоконадежного объекта ВС Су-24. Выявляются заранее множества прогнозируемых операций и действий, при которых можно было бы разрешить конфликтную ситуацию на основе выявленных расчетных ошибок при УВД и не допустить гибели воздушного судна Су-24 от ожидаемой атаки истребителя F-16.

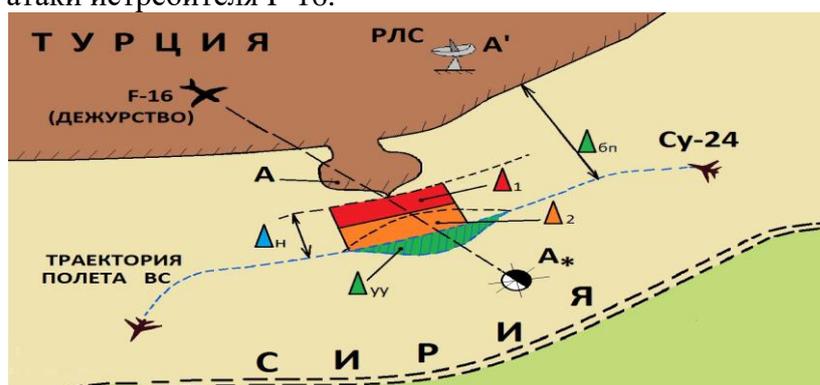


Рис. 1. Выявление точек уязвимости и факторов опасности при УВД

Применение риск-ориентированного подхода показало, что при редких событиях и неопределенности информации опасные ситуации могут быть эффективно исследованы на основе методов нечеткой логики, в отличие от методов теории вероятности. Применение данного подхода является актуальным как для гражданских ВС при обслуживании воздушного движения (ОВД), так и для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) в различных ситуациях.

#### Библиографический список

1. Гипич Г.Н., Евдокимов В.Г., Куклев Е.А., Шапкин В.С. Риски и безопасность авиационных систем. М:ФГУП ГосНИИ ГА, 2013.
2. M. Fujita. Frequency of Rare Event Occurrences (risk of collisions). ENRI International Workshop on ATM/CNS. Tokyo, Japan. (EIWAC 2009)