

МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ “ВСТРОЕННОЙ” БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВБЛИЗИ ОГРАНИЧЕНИЙ¹

Бурдун И.Е. (СибНИА)
ivan.burdun@mail.ru

Несмотря на ничтожно малую расчётную вероятность, многофакторные полётные ситуации (неблагоприятные стечения обстоятельств), встречаются в лётной эксплуатации ЛА и нередко заканчиваются катастрофой или инцидентом. Глубинная причина таких происшествий, на наш взгляд, состоит в недостаточности на борту ЛА информации о физике и логике поведения системы “оператор (лётчик, автомат) – ЛА – эксплуатационная среда” вблизи ограничений и за ограничениями при воздействии комплекса факторов.

Знание особенностей развития “пограничных” ситуаций может выходить за рамки квалификационных и сертификационных требований.

Излагается метод повышения безопасности полёта в многофакторных ситуациях у ограничений, основанный на результатах аэродинамических исследований и ситуационного моделирования ЛА. В методе используется ряд понятий из теории сложного ситуационного пространства полёта: сценарий ситуации, интегральный спектр безопасности, эксплуатационная гипотеза, ситуационное дерево, динамическое окно безопасности полёта, “топология” безопасности, распределение шансов безопасности, “точка возврата”, характерные состояния динамики безопасности и др.

Алгоритм обеспечения “встроенной” безопасности полёта ЛА у ограничений включает следующий набор действий, выполняемых автономно или полуавтономно форме многошагового процесса:

- (1) контроль эволюции состояния системы относительно множественных ограничений;
- (2) краткосрочное прогнозирование траекторий ЛА с помощью ситуационных деревьев для семейства альтернативных сценариев (“родственных” ситуаций типа “что ..., если ...?”), учитывающих вариации комплекса факторов;
- (3) построение и анализ состояния динамических окон безопасности, получаемых на основе интегральных спектров безопасности для семейства “родственных” ситуаций;
- (4) оценка динамики изменения структуры шансов безопасности (шансов безопасного, условно-безопасного, потенциально опасного, опасного и катастрофического развития ситуации);
- (5) распознавание “точки возврата” – особого состояния системы, определяющего последнюю возможность для восстановления безопасного режима;
- (6) автономное или полуавтономное принятие решения на основе императива самосохранения – выбор новой тактической цели и сценария управления ЛА для ухода от ограничений;
- (7) реализация новой тактики управления до момента восстановления безопасного режима движения.

Достоинства метода – простота вычислений, обобщённый характер, учёт “топологии” безопасности ЛА, анализ “окрестностей” многофакторной ситуации, физико-логический прогноз развития полёта, применение ситуационных деревьев в качестве “базы знаний”.

Однако необходимым условием для практической реализации метода является использование бортовых мультимодальных датчиков, способных обнаруживать потенциально опасные физические и виртуальные объекты (препятствия) внутри локальной окрестности (“эллипсоида безопасности” или “конуса безопасности”) ЛА в реальном масштабе времени.

¹ Бурдун И.Е. Метод обеспечения “встроенной” безопасности полёта летательного аппарата вблизи ограничений. Материалы XVII Школы-семинара «Аэродинамика летательных аппаратов», пос. им. Володарского, 2–3 марта 2006 г., ЦАГИ, 2006. с. 28–29.

Алгоритм демонстрируется на примере анализа гипотетической ситуации “Полёт пассажирского самолёта на малой высоте вблизи объектов городской инфраструктуры” (имитация одного из событий 11 сентября 2001 года) для двух тактик управления:

- тактика террориста, другого неадекватного субъекта или ситуация неуправляемого полёта;
- тактика автономной интеллектуальной системы безопасности, реализующей «императив самосохранения».

Метод целесообразно использовать при создании интеллектуальных систем управления и безопасности полёта беспилотных и пилотируемых ЛА различного назначения, а также при изучении способов предотвращения и разрешения нештатных ситуаций следующих типов:

- потеря управления (LOC);
- управляемый полёт до столкновения с земной поверхностью (CFIT);
- “ошибка лётчика”;
- “11.09.2001”;
- столкновение ЛА в воздухе.

Литература:

- 1 Burdun I.Y. The Intelligent Situational Awareness And Forecasting Environment (The S.A.F.E. Concept): A Case Study (Paper 981223), Proc. of the SAE Advances in Flight Safety Conference, April 6–8, 1998, Daytona Beach, FL (P-321), SAE, USA, 1998. – P. 131-144.
- 2 Burdun I.Y. and Burdun E.I. VATES – Virtual Autonomous Test and Evaluation Simulator (Version 7 – Professional), User’s Manual, Atlanta, USA, 2000. – 155 p.
- 3 Burdun I.Y. and Parfentyev O.M. AI Knowledge Model for Self-Organizing Conflict Prevention/Resolution in Close Free-Flight Air Space, Proc. of IEEE Aerospace Applications Conference, Snowmass, Colorado, March 6–13, 1999. – Vol. 2, USA, IEEE, 1999. – P. 409–428.
- 4 Burdun I.Y. and Parfentyev O.M. Analysis of Aerobatic Flight Safety Using Autonomous Modeling and Simulation (Paper 2000–01–2100), Proc. of the 2000 Advances in Aviation Safety Conference, April 11–13, 2000, Daytona Beach, FL, USA (P-355), SAE, 2000. – P. 75–92.
- 5 Burdun I.Y. and Parfentyev O.M. Fuzzy Situational Tree-Networks for Intelligent Flight Support, Int. Journal of Engineering Applications of Artificial Intelligence, 12 (1999). – P. 523-541.