

**Формирование бесконфликтного слияния потоков судов  
при заданном расписании их прибытия**  
Спиридонов А.А., Кумков С.С.

В настоящее время движение воздушных судов происходит по воздушным трассам, состоящим из коридоров в горизонтальной плоскости и эшелонов в вертикальной. При этом трассы могут разветвляться или соединяться. В точке соединения трасс возникает задача слияния потоков самолётов в единую очередь. Такая задача особенно актуальна в зонах подхода и зонах аэродромов, где плотность воздушного движения высока. Основным требованием при слиянии потоков воздушных судов является наличие минимального безопасного временного интервала между моментами прибытия судов в точку слияния.

Имеется два основных инструмента изменения момента прибытия воздушного судна в точку слияния потоков. Первый из них — управление скоростью движения самолёта, которое позволяет достичь относительно небольшого изменения момента прибытия как в сторону более раннего, так и в сторону более позднего времени. Для значительных задержек используется второй инструмент — схемы задержки. В настоящее время существуют две основные схемы задержки: «тромбон» и веерная схема. В схеме «тромбон» самолёт разворачивается, некоторое время движется в обратном направлении, после чего снова разворачивается и идёт по той же трассе или параллельно ей на более низком эшелоне. Принцип движения в схеме задержки веерного типа несколько отличается: воздушное судно выполняет поворот, уходя с маршрута движения, и продолжает двигаться по дуге окружности с центром в следующем контрольном пункте, сходя с этой дуги на точку слияния при достижении нужной задержки. Особенность схемы «тромбон» заключается в том, что у неё имеется минимальное время задержки, равное времени полного разворота воздушного судна. С веерной схемы воздушное судно может уйти в любой момент, что обеспечивается отсутствием минимального времени задержки.

В результате проектирования системы схем задержки для заданного аэропорта, которое осуществляется с учётом особенностей конфигурации приходящих трасс, ландшафта, имеющихся населённых пунктов и т.д., имеется информация о возможных ускорениях и замедлениях движения воздушных судов по тем или иным трассам. Далее на основании этой информации нужно исследовать возможности построенной системы по формированию безопасного слияния потоков воздушных судов. При формировании безопасного расписания следует принимать во внимание, что и замедление, и ускорение момента прибытия связаны с повышенным расходом топлива, которое должно быть уменьшено по мере возможности.

В докладе приводится формализация задачи построения оптимального расписания прибытия самолётов при имеющейся системе схем задержки в виде задачи конечномерной оптимизации, обсуждается применимость к решению поставленной задачи различных методов поиска минимума функции многих переменных, демонстрируются результаты численных расчётов.