

Утверждаю

Генеральный директор

ОАО «МИЭА» д.т.н.

Кузнецов А. С.

2015 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации ОАО «Московский институт электромеханики и автоматики»

на диссертационную работу Тин Пхон Чжо, “ Система управления приоритетным обслуживанием воздушных судов при заходе на посадку и пассажиров в аэропорту после прилета ”, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 “Системный анализ, управление и обработка информации” (информатика, управление и вычислительная техника)

Актуальность работы. Возрастающие в настоящее время потоки пассажирских авиаперевозок и оживленное воздушное движение вблизи аэропортов предъявляют повышенные требования к безопасности полетов. При этом наибольшую опасность представляют ситуации во время захода на посадку при вынужденном перелете с одной трассы на другую, при попутном движении близколетающих воздушных судов в заданном эшелоне, а также при самой посадке в сложных метеоусловиях. В данной диссертационной работе рассмотрены две первые ситуации, когда при внезапном изменении направления ветра или по другим метеорологическим причинам необходима срочная переориентация самолетов, их распределение по новым трассам и управление безопасным движением в заданных эшелонах. При этом необходимо обеспечить наряду с безопасностью наибольшую экономичность полета при заходе на посадку. Поэтому тема диссертационной работы, посвященная оптимальному управлению движением группы воздушных судов при заходе на посадку на различных трассах в случае внезапного изменения ветра, является **актуальной**.



Целью диссертационной работы является повышение экономичности и безопасности полетов воздушных судов при их заходе на посадку при внезапном изменении направления ветра.

Объектом исследования является система управления воздушным движением при оперативном перепланировании прилета на аэродромы на примере Московского аэроузла, с учетом приоритетного обслуживания судов, имеющих аварийный запас топлива и технические неисправности, а также обслуживания пассажиров этих судов наземной службой в аэропорту после прилета.

Диссертация состоит из введения, девяти глав, заключения, библиографического списка и приложения и содержит поэтапное решение четырех основных задач. Вначале **в главе 1** на основе теории оптимального управления сформулирована математическая постановка задачи обеспечения максимальной безопасности и экономичности захода на посадку группы воздушных судов. Затем **в главе 2** на основе анализа известных методов теории управления были выбраны в качестве основных методы линейного и динамического программирования, чтобы потом **в главе 3** при решении обратной задачи линейного программирования установить относительную важность показателей экономичности и безопасности полета в едином критерии оптимальности с учетом стоимости расхода топлива и гораздо большего ущерба при опасном сближении судов. Обоснованный в работе показатель экономичности учитывает длину пути при попадании каждого ВС на трассу, а показатель безопасности определяется с учетом их близости на самой трассе. Перечисленные выше результаты относятся к решению **первой задачи**, открывающей путь к решению основной задачи оптимального синтеза управления.

Для решения **второй** главной задачи сначала **в главе 4** сформирован алгоритм определения состава посадочных курсов ВПП при данном ветре, после чего **в главе 5** на основе теории оптимального управления найдена основная процедура определения динамических приоритетов каждого судна при заходе на посадку по указанной трассе. При этом учитывается не только текущее пространственное положение судна, но и его запас топлива и техническое состояние, что очень важно. **В главе 6** представлен алгоритм формирования приоритетных списков судов, попавших в очередь в соответствующих «тромбонах» и прилетающих на нужный аэродром позже при первой возможности.

Третья решаемая задача в диссертации посвящена разработке системы управления безопасным попутным движением судов, следующих друг за другом в эшелоне. Для этого **в главе 7** на основе динамического программирования предварительно сформулирована постановка задачи, а затем найдены два алгоритма – алгоритм управления попутным движением сзадилетающего судна при учете изменений скорости и дистанции до впередилетающего судна в эшелоне, а также алгоритм контроля безопасности совместного движения двух судов путем вычисления специальной функции риска опасного их сближения с помощью правой части уравнения Беллмана. Эти алгоритмы могут считаться новыми результатами диссертации.

Четвертая завершающая задача в диссертации посвящена приоритетному обслуживанию пассажиров в аэропорту с учетом внеочередного их обслуживания после прилета аварийного самолета. Данная задача решалась **в главе 8** с помощью теории массового обслуживания, что потребовало в отличие от известных формул Эрланга получения новых формул расчета вероятностных состояний многоканальной системы в случае попадания в нее пассажиров, обслуживаемых в первую очередь с учетом реальной взаимопомощи между каналами.

Глава 9 и приложения содержат описание алгоритмов и программ их компьютерной реализации в среде Matlab и C++. Результаты моделирования подтвердили высокую эффективность предложенного подхода.

В целом диссертация содержит ряд результатов, имеющих **научную новизну**:

1. Предложен единый критерий безопасности и экономичности полета, в котором коэффициенты значимости этих показателей найдены с помощью нового метода решения обратной задачи линейного программирования.
2. Сформирована процедура назначения динамических приоритетов судов при заходе на посадку, учитывающая на основе теории оптимального управления их близость к трассе, динамические свойства при входе в эшелон и оставшийся запас топлива.
3. Разработан алгоритм контроля безопасности попутного движения судов в эшелоне, вычисляющий функцию риска в виде правой части уравнения Беллмана при гипотезе об оптимальном управлении движением судов.

4. Предложена методика расчета необходимого числа каналов приоритетного обслуживания пассажиров в аэропорту, отличающаяся от известных формул Эрланга учетом меняющейся интенсивности прилета самолетов, степени их аварийности и реальной взаимопомощи между каналами при переводе пассажиров из одного канала в освободившийся.

Практическая ценность работы состоит, во-первых, в том, что предложенный подход к назначению приоритетов захода судов на посадку на каждую трассу позволяет минимизировать суммарные расходы топлива всех судов при гарантированной безопасности управления полетом. Во-вторых, формирование сигналов тревоги для авиадиспетчерской службы в процессе попутного движения судов в эшелоне резко снижает опасность их сближения и обеспечивает нужную дистанцию между ними. В-третьих, внеочередное обслуживание пассажиров после их аварийного прилета позволяет более чем в 5 раз снизить вероятность задержки в обслуживании по сравнению с бесприоритетным обслуживанием.

Достоверность полученных результатов подтверждена математическим моделированием на ЭВМ и использованием при синтезе найденных алгоритмов, научно-обоснованных методов теории оптимального управления – линейного и динамического программирования и аналитического конструирования оптимальных регуляторов. Кроме того, имеются три акта внедрения полученных результатов.

Вместе с тем в работе имеется **ряд недостатков**. К ним относятся:

1. В случае вынужденного перелета судна с одной трассы на другую при неблагоприятном изменении направления ветра траектория полета в значительной мере зависит от расположения радиомаяков и другого наземного оборудования. В работе эти условия не учитываются.
2. При математическом описании динамики бокового и попутного движения используются упрощенные дифференциальные уравнения и весьма приближенные оценки постоянных времени переходных процессов.
3. В предложенном в постановке задачи интегральном критерии безопасности и экономичности полета используется ряд весовых коэффициентов штрафа, и хотя выбор части из них в работе

обоснован, назначению оставшейся части показателей не уделено достаточного внимания.

4. Противоречивое стремление добиться одновременного повышения безопасности и экономичности полета обеспечивается в работе попыткой минимизировать расходы топлива при обязательном соблюдении требуемой безопасности за счет приоритетного обслуживания аварийных судов и пассажиров. Однако количественная оценка ожидаемого снижения расходов топлива в работе не указывается.
5. В работе сделана попытка повысить экономичность и безопасность захода на посадку группы ВС, но количественной оценке эффективности предложенного подхода уделено недостаточно внимания.

Вместе с тем указанные недостатки не снижают научной и практической ценности полученных результатов. Решение перечисленных четырех задач в целом составляет законченное научное исследование, посвященное решению имеющей важное практическое значение проблемы управления группой воздушных судов при их заходе на посадку в условиях внезапного изменения метеоусловий. Предложенный подход может быть использован для снижения загруженности диспетчеров в Московском аэроузле и других аэропортах, о чем имеются акты о внедрении. Результаты работы опубликованы в 23 печатных работах, в том числе в 17 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК.

По своему содержанию и полученным результатам диссертационная работа соответствует специальности 05.13.01, так как в ней решены задачи управления полетом группы воздушных судов при их заходе на посадку, а при синтезе алгоритмов управления и контроля использовались основные методы теории оптимального управления – линейное и динамическое программирование и аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Полученные результаты могут быть рекомендованы для использования в организациях, занимающихся проектированием, разработкой и эксплуатацией бортового и наземного оборудования системы управления воздушным движением пассажирских самолетов – ГОСНИИ ГА, МНПК “Авионика”, ФГУП “ГОСНИИАС”, МГТУ ГА, ГУАП и другие.

Считаем, что представленная диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а ее автор Тин Пхон Чжо – ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01.

Отзыв обсужден и утвержден на НТС предприятия, Протокол № 1 от 18 марта 2015г.

Начальник отдела 901

д. т. н Гребенкин А.В.

Гребенкин Александр Витальевич, Москва, 125319, Авиационный пер., д.5; тел. (495)223-27-09 доб. 4648

Ученый секретарь

диссертационного совета

к. т. н Кербер О. Б.

Кербер Ольга Борисовна, , Москва, 125319, Авиационный пер., д.5; тел. (495)223-27-09 доб. 3405

Подписи Гребенкина А.В. и Кербер О.Б. заверяю.

Начальник Отдела кадров, организации труда и заработной платы

Карнеева И.И.

