

КОНЦЕПЦИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСАДКОЙ САМОЛЕТОВ ПО СВОБОДНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ С ТЕХНОЛОГИЕЙ РЕШЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ

В.В. Павлов, Д.А. Волошенко, А.Е. Волков

Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины

Рассмотрен вопрос необходимости создания комплексной системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям, основанной на принципах эргатичности и сетецентричности и учитывающей возможные конфликтные ситуации самолетов в воздухе с целью их предупреждения или разрешения. Задачей системы станет повышение безопасности авиационных перевозок, решение части экологических и экономических проблем, решение проблемы перегруженности аэропортов по причине возрастающей интенсивности воздушного движения.

Ключевые слова: сетецентрическая система, посадка самолетов, конфликтные ситуации, свободные траектории, планирование, расхождение самолетов, угроза столкновения.

Розглянуто питання необхідності створення комплексної системи керування посадкою літаків за вільними траєкторіями, заснованої на принципах ергатичності та мережецентричності з врахуванням можливих конфліктних ситуацій літаків в повітрі, з метою попередження або вирішення цих ситуацій. Завданням системи стане підвищення безпеки авіаційних перевезень, вирішення частини екологічних та економічних проблем, вирішення проблеми перевантаженості аеропортів з причини зростаючої інтенсивності повітряного руху.

Ключові слова: мережецентрична система, посадка літаків, конфліктні ситуації, вільні траєкторії, планування, розбіжність літаків, загроза зіткнення.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на сменяющиеся технологические уклады, авиастроение остается одной из ключевых отраслей мировой экономики. Даже в условиях затяжного экономического кризиса отрасль сохраняет высокие темпы роста.

Объем и характер задач, выдвинутых сейчас как перед гражданской авиацией Украины, так и перед мировыми компаниями авиастроения, требует не частичных улучшений, а значительных комплексных мер, которые бы определили дальнейший качественный прыжок в ее развитии.

Исходя из этого, и учитывая резко возрастающую интенсивность воздушного движения в мире, и становится очевидной актуальность создания комплексной системы, которая сможет управлять посадкой самолетов по свободным траекториям в условиях возможных конфликтных ситуаций, основываясь на эргатических и сетецентрических принципах управления.

Высокий уровень риска авиационного происшествия связан с такими этапами и ситуациями полета, как взлет и посадка воздушных кораблей (ВК) в аэропортах с высокой интенсивностью воздушного движения, посадка в

сложных метеорологических условиях, угроза конфликтных ситуаций с другими воздушными кораблями, технические неисправности на борту самолета или в системах связи с землей и другими.

Следует помнить и о тех проблемах в авиации, необходимость решения которых закреплена доктринами и резолюциями различных мировых общественных авиационных организаций, таких как ИКАО (Международная организация гражданской авиации) [1]. Речь идет о следующих проблемах:

- экологической, основная часть которой заключается в необходимости уменьшения авиационных шумов и вредных выбросов в атмосферу;
- экономической, которая состоит в необходимости экономии средств и материальных ресурсов, особенно в периоды мировых экономических кризисов;
- транспортной, суть которой в необходимости создания новых и модернизации старых аэропортов, пересадочных и технических пунктов, транспортных развязок и т.д.;
- проблеме повышения безопасности полетов, которая является одной из основных.

Постановка задачи

Исходя из сказанного и учитывая современные тенденции в развитии науки, техники и непосредственно авиации, мы видим задачу в том, чтобы создать комплексную систему, которая будет:

- обеспечивать посадку самолетов в аэропортах по новой технологии свободных траекторий в режиме планирования или малой тяги;
- обеспечивать предупреждение угрозы столкновения воздушных кораблей и при необходимости решать конфликтные ситуации такого рода по высшим современным требованиям авиационной безопасности;
- обеспечивать наблюдение за всем процессом полета воздушного корабля и передавать все необходимые данные в диспетчерские центры в реальном масштабе времени;
- работать, основываясь на принципах и технологиях интеллектуальных сетевых систем удаленного управления, оставаясь при этом эргатической.

Соответственно, **целью** работы является создание эргатической сетевых системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям с учетом факторов конфликтных ситуаций.

Идея создания такой системы заключается в применении сетевых технологий и систем удаленного управления динамическими объектами, а именно воздушными кораблями. При этом необходимо отметить, что под сетевых системой удаленного управления ВК понимается такая структура удаленного управления, которая предусматривает взаимосвязь бортовых систем управления ВК с системой наземного управления, которая в свою очередь взаимодействует с распределенной сетевых системой выдачи команд управления и передачи данных. Сетевых система предусматривает управление

ВК в реальном масштабе времени с учетом сетевых задержек и потерь пакетов информационных данных. Такая система обеспечивает системную и функционально-временную совместимость ВК, как объекта управления, с наземными интеллектуальными информационно-управляющими комплексами диспетчерских центров.

Результатом работы станет создание в области авиационной индустрии системы, которая позволит:

- количественно и качественно повысить уровень экологичности и экономичности полетов в авиации в целом;
- существенно повысить уровень безопасности полетов;
- разгрузить воздушную зону ожидания в районе аэропорта;
- решить проблему перегрузки аэропортов воздушным движением;
- повысить эффективность использования авиационной техники и т.д.

Внедрение сетевцентрической системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям с технологией решения конфликтных ситуаций приведет к переходу на новый уровень технологического обеспечения в авиации.

Анализ последних исследований и публикаций по данной проблеме показывает, что в настоящее время широкое распространение получили два классических принципа управления движением ВК — принципы «жестких» и «гибких» траекторий [2].

Принцип «жестких» траекторий реализует программно-позиционную стратегию управления и отвечает известной концепции «невозмущенного-возмущенного» движения Ляпунова-Летова и заключается в стабилизации заранее рассчитанной «жесткой» программной (номинальной, опорной) траектории движения объекта $x^*(t)$, обеспечивающей выполнение управления при идеальных условиях движения. Здесь алгоритм управления $u(t)$ состоит из программной составляющей $u^*(t)$, реализующей требуемое невозмущенное движение аппарата $x^*(t)$, и стабилизирующей составляющей $\Delta u(t)$:

$$u(t) = u^*(t) + \Delta u(t), \quad (1)$$

$$x(t) = x^*(t) + \Delta x(t), \quad (2)$$

где $\Delta x(t)$ — отклонение фактического движения $x(t)$ от требуемого $x^*(t)$, вызванное действием неконтролируемых возмущающих факторов:

Алгоритм программного управления является решением задачи управления «в большом» на основе исходной нелинейной модели объекта (1)–(2). Здесь решение задачи расчета программных траекторий может осуществляться априорно (жесткое программирование) или непосредственно в процессе управления (свободное программирование) и связано с использованием вычислительных методов решения двухточечных краевых задач.

Алгоритм стабилизации является решением классической задачи управления «в малом» на основе его линеаризованной модели:

$$\Delta dx/dt = A(t)\Delta x + B(t)\Delta u, \quad (3)$$

$$\Delta y = C(t)\Delta x, \quad (4)$$

где функциональные матрицы $A:T \rightarrow R^{n \times n}$, $B:T \rightarrow R^{n \times r}$, $C:T \rightarrow R^{m \times r}$ рассчитываются через матрицы Якоби правых частей уравнений (1)–(2):

$$A(t) = \delta / \delta x * f(t, x, u)^*, B(t) = \delta / \delta u * f(t, x, u)^*, C(t) = \delta / \delta x * g(t, x)^*, \quad (5)$$

которые вычисляются для невозмущенного движения $(u^*(t), x^*(t))$.

Анализ стратегий управления на основе концепции «невозмущенного-возмущенного» движения показывает, что они оправданы лишь при малых возмущениях номинальной траектории движения ВК и становятся нерациональными при больших ее возмущениях, что распространено в современных технологиях посадки самолетов.

Принцип «гибких» траекторий реализует чисто программную стратегию управления и заключается в реализации «гибкой», обновляемой (многократно пересчитываемой) с заданной периодичностью программной траектории движения объекта, обеспечивающей выполнение управления в реальных условиях движения из состояния, соответствующего моменту времени ее обновления. Здесь рассчитываемый и исполняемый на каждом интервале обновления алгоритм программного управления является решением задачи управления «в большом» на основании исходной нелинейной модели ВК.

Согласно терминологии Н.Н. Моисеева, способ управления по принципу «жестких» траекторий именуется коррекцией по заданной программе, а способ управления по принципу «гибких» траекторий — коррекцией по конечному состоянию.

Принцип «гибких» траекторий заключается в отказе от привязки управляемого движения ВК к заранее запланированной (номинальной) траектории и формировании (при необходимости) более выгодных траекторий движения к целевому состоянию, исходя из фактических условий движения объекта. Возможны следующие три способа реализации данного принципа.

1. Процесс управления разбивается на временные циклы, на каждом из которых рассчитывается желаемая траектория движения, исходя из измерительной информации о фактическом состоянии объекта вначале этого цикла. В течение цикла расчетная (плановая) траектория стабилизируется.

2. Переход на новую плановую траекторию осуществляется при возмущениях расчетной траектории, превышающих заданный порог.

3. Планирование траекторий осуществляется для каждого состояния объекта. Данный способ можно интерпретировать как принцип «размораживания» начальных условий, суть которого состоит в построении алгоритма управления для фиксированных начального момента времени t_0 и начального состояния $x(t_0) = x_0$:

$$u = h(t | t_0, x_0), \quad (6)$$

и далее — в замене начальных условий текущими:

$$u(t) = h(t | t, x(t)). \quad (7)$$

Качественное отличие стратегий управления на основе концепции «невозмущенного-возмущенного» движения и принципа гибких траекторий иллюстрирует рис. 1. Здесь показано номинальное движение и рассмотрены три различные стартовые ситуации для возмущенного движения. Стратегиям жесткой траектории отвечают пунктирные кривые. Видно, что в ситуации 1 такая стратегия нерациональна, а в ситуации 3 — неприемлема. Для сравнения показаны соответствующие движения, реализующие принцип гибких траекторий.

На рис. 2 иллюстрируется возможность сочетания обоих принципов в решении задач управления: в окрестности номинальной траектории вводится коридор стабилизации движений, внутри которого осуществляется стабилизация номинальной траектории. Вне данного коридора включается механизм действия гибких траекторий.

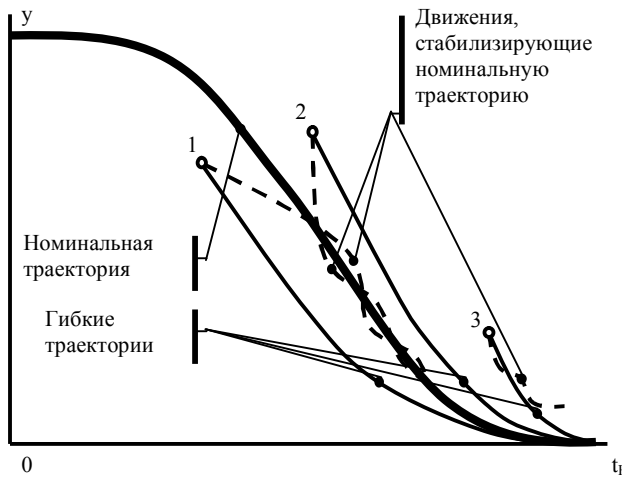


Рис. 1. Сравнение принципа гибких траекторий и концепции «невозмущенного-возмущенного» движения

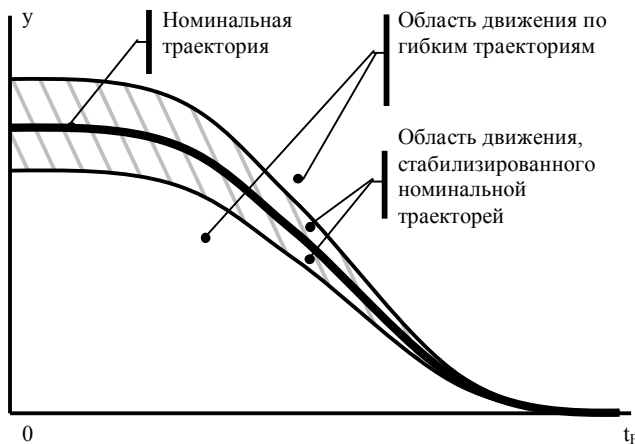


Рис. 2. Возможность сочетания обоих принципов

Необходимо отметить, что управление воздушным кораблем различается по типу программ:

- управление с временной программой, когда программное значение управляемой величины задается в виде определенной функции времени;
- управление с параметрической программой, когда программное значение управляемой величины задается как определенная функция другой переменной (например, задание программного угла тангажа как функции величины кажущейся скорости объекта или задание программной величины перегрузки как функции величины пройденного объектом пути).

Высокие требования к качеству процессов управления приводят к необходимости их оптимизации. Наибольшее распространение получили критерии оптимальности, характеризующие точность управления в момент времени (задача Майера) и качество управления на всем временном интервале (задача Лагранжа). Следует отметить, что в настоящее время широкое распространение имеет точка зрения, что «процессы управления в бортовых системах существенно стохастичны» и «наиболее подходящим, органически необходимым при построении бортовых систем управления является стохастический синтез оптимального управления» [3, 4].

Основная трудность решения задачи управления по «гибким» траекториям обусловлена их двухточечным краевым характером. Весьма эффективный подход к ее преодолению основан на использовании так называемого метода обратных задач динамики [5]. Характерная особенность последнего состоит в том, что сначала задается программное движение объекта (удовлетворяющее заданным краевым условиям), а затем определяется управление, реализующее это движение в силу динамики объекта. Однако, данный подход неприменим для общего класса нелинейных и негладких аффинных (линейных по управлению) объектов управления.

Принцип управления ВК по технологии «гибких» траекторий является одним из наиболее популярных и развитых. Однако и он имеет ряд недостатков, которые не позволяют решить проблемы, описанные в начале статьи. И прежде всего, данная технология так и не была полноценно внедрена.

Необходимо отметить, что относительно новых технологий и систем посадки по «гибким» или «свободным» траекториям и различных способов решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей, основанных на различных концепциях и принципах управления, было опубликовано немало патентов на изобретения в разных странах мира: Способ определения скорости захода самолёта на посадку по параметрам полёта (патент RU 2444706); Способ и система управления самолетом при бездвигательной посадке (патент US 23215); Способ автоматической посадки самолета (патент RU 2061624); Способ управления летательным аппаратом при заходе на посадку (патент RU 2496131); Устройство для предотвращения столкновений летательного аппарата (патент RU 2153195).

Подводя итог анализу современных систем и технологий посадки самолетов, средств и способов предотвращения конфликтных ситуаций

воздушных кораблей, можно выделить нерешенные вопросы в этой проблеме. Описанные выше способы и устройства, так же как и описанная технология управления по «гибким» траекториям, имели ряд существенных недостатков и так и не были внедрены. Не была решена комплексная проблема разработки новой системы посадки, которая повысила бы экологичность и экономичность полетов, решила бы проблему перегруженности аэропортов воздушным движением, учитывала бы факторы конфликтных ситуаций, и которая была бы построена на сетцентрических технологиях удаленного управления, что позволило бы повысить безопасность полетов.

ПОСАДКА САМОЛЕТОВ ПО СВОБОДНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ С ТЕХНОЛОГИЕЙ РЕШЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ

Для начала опишем и охарактеризуем современный процесс посадки самолета в аэропорту с интенсивным движением воздушного транспорта [6].

Посадка является завершающим этапом полёта и представляет собой замедленное движение самолета с высоты эшелона до полной остановки после пробега по земле. Посадка самолета, как правило, состоит из следующих этапов: снижения, планирования, выравнивания, выдерживания, приземления, пробега (рис. 3).

Посадка — сложный и ответственный маневр, завершающий полет. Ему предшествуют этап выхода к аэродрому и этап захода на посадку.

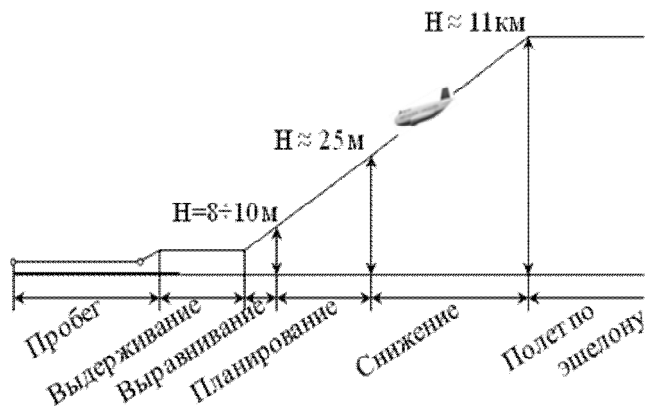


Рис. 3. Современная технология посадки самолетов

Посадка самолета начинается со снижения самолета. Затем следует предпосадочное планирование, которое выполняется с выпущенными шасси и закрылками (щитками), что делает аэродинамическое качество небольшим. Угол планирования и вертикальная скорость при этом значительно увеличиваются, что усложняет впоследствии технику выполнения выравнивания. При наличии тяги угол планирования и вертикальная скорость уменьшаются, поэтому на современных скоростных самолетах планирование осуществляется, как правило, с некоторой тягой, тем более, что в этом случае облегчается уход на второй круг.

Выравнивание представляет собой процесс перехода от прямолинейного равномерного снижения к траектории горизонтального полета в конце выравнивания. При подходе к высоте начала выравнивания (которая определяется визуально и составляет 8–10 м) летчик увеличивает угол атаки самолета, создавая тем самым дополнительную подъемную силу ΔY , которая искривляет траекторию. Увеличение угла атаки сопровождается увеличением силы лобового сопротивления, вследствие чего происходит уменьшение поступательной скорости.

Выдерживание производится для уменьшения скорости до посадочной и представляет собой торможение самолета в горизонтальном полете. При выдерживании самолет летит горизонтально, так как подъемная сила равна весу, а скорость полета уменьшается из-за того, что сила лобового сопротивления ничем не уравновешена и тормозит движение. Для поддержания заданной высоты над поверхностью аэродрома по мере падения скорости летчик соразмерно увеличивает угол атаки (т. е. C_y), что позволяет сохранить подъемную силу, а следовательно, и прямолинейность траектории.

В момент, когда угол атаки окажется равным посадочному ($\alpha = \alpha_{\text{пос}}$), дальнейшее его увеличение прекращают. Скорость полета при выдерживании, соответствующая этому моменту, называется посадочной. В процессе выдерживания самолет снижается до высоты менее одного метра. После этого начинается парашютирование, при котором $Y < G$, а скорость практически не успевает измениться, так как оно длится малое время и самолет приземляется на посадочную полосу.

В конце выдерживания перед приземлением подъемная сила равна весу самолета, т.е. $Y = G$, а угол атаки равен посадочному, тогда:

$$Y = G = C_{y \text{ пос}} * ((\rho * V_{\text{пос}}^2) / 2) * S, \quad (8)$$

где G — вес самолета при посадке; $C_{y \text{ пос}}$ — коэффициент подъемной силы при посадочном угле атаки; 0,94 — коэффициент, учитывающий близость земли.

Откуда

$$V_{\text{пос}} = (2 * G / (C_{y \text{ пос}} * \rho * S))^{0,5}. \quad (9)$$

При приближении к поверхности земли начинает сказываться эффект «воздушной подушки», вследствие чего происходит как бы увеличение плотности воздуха. С учетом этого явления можно записать:

$$V_{\text{пос}} = 0,94 * (2 * G / (C_{y \text{ пос}} * \rho * S))^{0,5}. \quad (10)$$

Посадочной скоростью называется скорость в момент приземления. Она у всех самолетов меньше скорости отрыва. Это объясняется тем, что посадочный вес самолета меньше веса взлетного, а $C_{y \text{ пос}} > C_{y \text{ отр}}$, поскольку используется больший угол отклонения закрылков (щитков), а, кроме того, перед самым приземлением нет необходимости иметь запас угла атаки, как после отрыва.

Пробег самолета является заключительным этапом посадки. После касания земли самолет совершает пробег на основных колесах шасси, после чего летчик плавно опускает носовое колесо и начинает торможение

основных колес. У самолетов с хвостовым колесом посадка совершается на все три точки и торможение основных колес производится с таким расчетом, чтобы не было капотирования самолета.

Однако необходимо отметить, что используемый в наше время процесс посадки самолета (описанный выше) не соответствует многим современным требованиям в области гражданской авиации и не решает многие из проблем, озвученных перспективными доктринами ИКАО. Поэтому создание новой сетцентрической системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям с технологией решения конфликтных ситуаций имеет высокую и объективную актуальность.

Рассмотрим принцип и технологию работы такой новой системы (рис. 4).

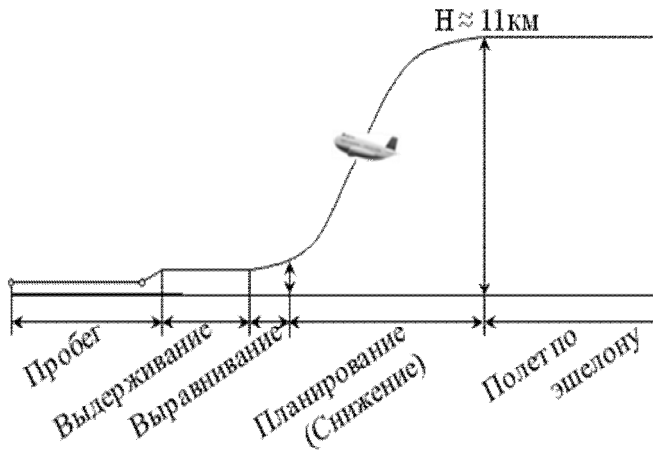


Рис. 4. Технология посадки самолета по свободным траекториям

В основу разрабатываемой системы посадки положена идея объединения этапов снижения и планирования только в этап планирования с высоты эшелона до этапа выравнивания перед посадкой (рис. 4). Предусматривается существенное сокращение дистанций и высоты этапов выравнивания и выдерживания.

Первые полученные результаты расчетов и моделирования показывают, что это возможно. С помощью достаточного управления аэродинамическими характеристиками самолета процесс его планирования с эшелонной высоты (например, 11 км) при режиме работы двигателей «малый газ» или «полетный малый газ», до высоты его окончательного выравнивания и посадки (около 8–10 метров) позволит:

- существенно повысить уровень экологичности полетов за счет уменьшения вредных выбросов в атмосферу и уменьшить авиационные шумы в районе аэропортов за счет работы двигателей в режиме «малый газ»;
- увеличить экономичность полетов за счет экономии топлива на этапе посадки;
- разгрузить воздушную зону ожидания в районе аэропорта и решить проблему перегрузки аэропортов воздушным движением;
- и, соответственно, повысить эффективность использования

авиационной техники.

Основной проблемой при разрабатываемой технологии посадки и планирования самолета является вопрос сохранения стабильной подъемной силы и, соответственно, обеспечения максимального уровня безопасности. Однако решение этой проблемы не вызывает сложностей благодаря современным возможностям воздушного корабля, а именно, большому разнообразию систем управления и корректировки аэродинамических характеристик: различные формы и площади крыла, изменяемая конфигурация крыла, динамическое изменение угла установки двигателей, системы элеронов, закрылок, предкрылок, интерцепторов, тормозных щитков и т.д. Также актуальным здесь будет использование способа распределенной аэродинамической компенсации действия ветровых возмущений на траекторию полета воздушного судна [7], который включает измерение величины действия ветрового возмущения, создание сигнала компенсации изменением профиля крыла и подачу его к контуру управления высотой полета. Перед подачей сигнала компенсации путем изменения профиля крыла к контуру управления высотой полета создают противоположный по знаку сигнал компенсации действия ветровых возмущений, определяют дополнительные изменения величин характеристик аэродинамической схемы профиля крыла, выбирают лучший вариант распределения сил и моментов изменения аэродинамической схемы профиля крыла, при котором достигается максимальное значение подъемной силы. Использование такого способа позволит оперативно и качественно управлять подъемной силой самолета при планировании.

На данный момент уже успешно разрабатываются программы по моделированию новой системы посадки на различных языках программирования. Планируется создание универсальной программы, которая будет точно моделировать посадку самолета по свободным траекториям, производя расчеты всех этапов посадки для любого конкретного самолета с учетом его характеристик, и будет строить модель траектории посадки на всех этапах: переход из полета по эшелону к планированию, планирование, выравнивание, выдерживание и приземление с пробегом по взлетно-посадочной полосе (ВПП).

Следует отметить, что для создания такой программы моделирования, которая будет способна наглядно и точно продемонстрировать процесс и преимущества новой разрабатываемой системы посадки, необходимо построить точную математическую модель конкретного самолета с учетом всех его физических, аэродинамических и других характеристик. Уже сейчас удалось создать математическую модель современного самолета Ан-148 в среде MatLab. Ведутся работы над созданием моделей Ан-158, Ан-124, Ту-154, Boeing-737. В ходе исследований удалось получить аэродинамические характеристики самолета, в том числе и параметры подъемной силы, такие как коэффициента лобового сопротивления (C_x) и коэффициента подъемной силы (C_y), а также их зависимости от угла атаки (α) (рис. 5, 6). Также уже были получены и первые графики построения траектории посадки самолета (рис. 7).

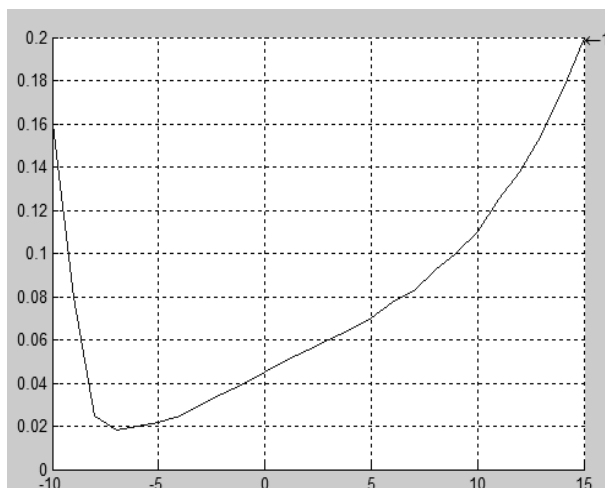
C_x 

Рис. 5. Полученные зависимости коэффициента лобового сопротивления от угла атаки

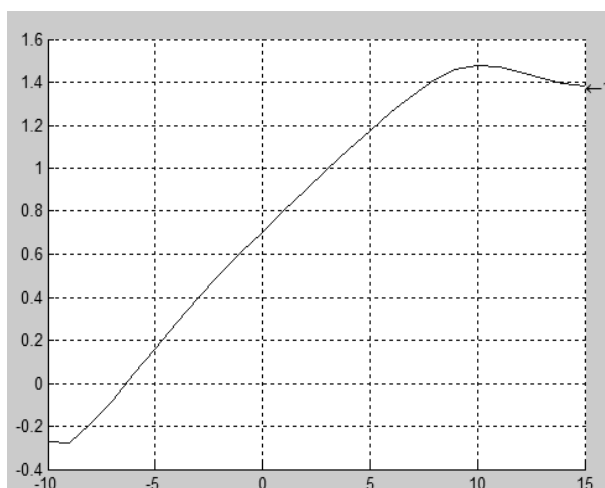
 C_y 

Рис. 6. Полученные экспериментально зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки

Параллельно создаются и более наглядные программы моделирования (рис. 8), которые основаны на полученной математической модели самолета [8].

Перспективными направлениями в данной области исследований и в вопросах создания новых систем управления воздушными кораблями, в том числе и систем посадки, является использование сетцентрических и нейросетевых технологий. Это позволит системе быть более точной и быстрой, что создаст новую концепцию управления ВК, которая позволит повысить безопасность полетов. Использование сетцентрических

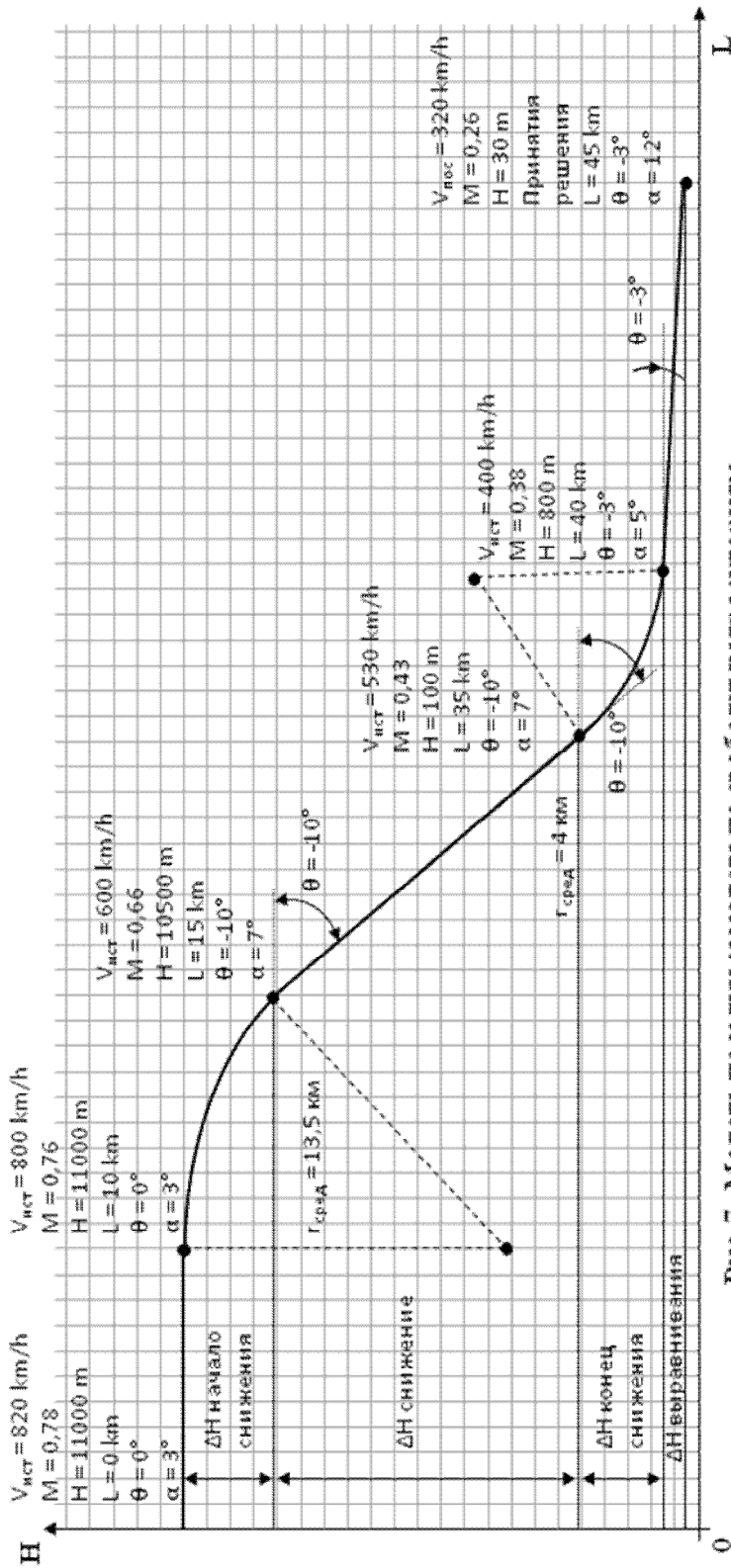


Рис. 7. Модель посадки самолета по свободным траекториям

технологий даст возможность улучшить систему передачи и приема информационных данных в разных направлениях (между системами на борту самолета, между самолетами на земле и в воздухе, между диспетчерскими и инженерными центрами на земле, между самолетами и диспетчерскими центрами и т.д.), создать средства защиты от постороннего вмешательства и обеспечить наземные службы возможностями контроля, наблюдения и управления системами самолета.



Рис. 8. Технология решения конфликтных ситуаций ВК на этапе посадки

Перспективным является и проблема создания комплексной системы управления посадкой, которая будет способна решать конфликтные ситуации между воздушными кораблями. В процессе решения данной проблемы уже получены существенные результаты. Разрабатывается технология решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей для предложенной системы посадки самолетов. Моделирование работы данной технологии показывает успешное расхождение воздушных кораблей в районе аэропорта (рис. 8).

ВЫВОДЫ

Сетецентрическая система, основанная на автоматическом управлении посадкой самолета с максимальной точностью и безопасностью, повышающая уровень экологичности за счет снижения вредных выбросов в атмосферу и снижения шумов, является одной из первоочередных задач в усовершенствовании использования авиационной техники, что закреплено резолюциями многих международных и государственных авиационных организаций. Использование в такой системе сетевых технологий для управления в масштабе реального времени дает возможность снизить напряженность пилотов на одном из самых трудных этапов полета — на посадке. Заход на посадку по свободным траекториям с учетом особенностей каждого самолета позволит уменьшить нагрузку в аэропортах с большой интенсивностью движения, освободить дополнительные эшелоны, снять проблему воздушных очередей в зоне аэропорта. Введение в такую систему функционала решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей на этапе посадки позволяет создать новую концепцию управления самолетами.

Как итог, необходимо отметить что:

- результаты математических расчетов и компьютерного моделирования показывают возможность создания сетцентрической системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям с технологией решения конфликтных ситуаций;
- созданная математическая и компьютерная 3D-модель самолета позволяет проводить точные исследования и эксперименты с получением реальных аэродинамических характеристик и показателей;
- полученные путем моделирования аэродинамические характеристики самолета совпадают с данными технической документации, что подтверждает их достоверность;
- рассчитанная траектория захода на посадку регионального самолета по свободным траекториям (в режиме работы двигателей «малый газ») показывает практическую целесообразность данной технологии посадки за счет снижения расходов топлива, а соответственно, и уменьшения вредных выбросов и шумов в районе аэропорта;
- принцип свободных траекторий захода на посадку в сочетании с сетцентрической автоматической системой такой посадки позволяет снизить напряженность пилотов и диспетчеров, частично решить проблему интенсивности воздушного движения в аэропортах;
- реализованная программа анализа работы сетевых технологий и управления динамическими объектами дает возможность оценивать качество работы системы в целом и позволяет контролировать и улучшать работу систем передачи данных;
- технология предотвращения конфликтных ситуаций воздушных кораблей и/или их разрешения на этапе посадки самолета позволяет обеспечить высокую безопасность полетов, особенно на одном из сложнейших этапов.

Разработка и внедрение такой системы, переход на новую концепцию управления воздушными кораблями – это шаг вперед в развитии авиационной промышленности как в Украине, так и в мире, переход на новый уровень безопасности авиационного движения.

1. Циркуляры ИКАО по эргономике и человеческому фактору (вып. 1–12). — ИКАО: 2000.
2. Теряев Е.Д. Развитие концепции гибких траекторий в задаче терминального управления подвижными объектами / Е.Д. Теряев, К.В. Петрин. — М.: Известник Института машиноведения РАН, 2009. — 18–23 с.
3. Петров Б.Н. Бортовые терминальные системы управления: Принципы построения и элементы теории / Б.Н. Петров, Ю.П. Портнов-Соколов, А.Я. Андриенко, В.П. Иванов. — М.: Машиностроение, 1983. — 542 с.
4. Бек В.В. Интегрированные системы терминального управления / В.В. Бек, Ю.С. Вишняков, А.Р. Махлин. — М.: Наука, 1989. — 254 с.
5. Жевнин А.А. Синтез алгоритмов терминального управления на основе концепции обратных задач динамики / А.А. Жевнин, К.С. Колесников. — Изв. АН СССР. Техн. кибернетика, 1985, №4. — С. 180–188.
6. Мхитарян А.М. Динамика полета / А.М. Мхитарян, П.С. Лазнюк, В.С. Максимов и др. — М.: Машиностроение, 1978. — 424 с.

7. Павлов В.В. Технология композиционного управления конфигурацией крыла / В.В. Павлов, К.А. Копытова. — Сборник научных трудов «Кибернетика и вычислительная техника», 2012, №168. С. 53–60.
8. Павлов В.В. Компьютерное моделирование современных воздушных судов с использованием сетевых технологий отдалённого управления / В.В. Павлов, А.Е. Волков, Д.А. Волошенюк. — Вестник Национального авиационного университета, 2013, №4 (57). — С. 18–22.

UDC 681.518

THE NETWORKCENTRIC MANAGEMENT SYSTEM FOR LANDING PLANES BY THE FREE PATH USING TECHNOLOGY OF CONFLICT SITUATION RESOLUTION

V.V. Pavlov, A.E. Volkov, D.A. Voloshenyuk

International Research and Training Center for Information Technologies and Systems of National Academy of Sciences of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine

Introduction: Comprehensive implementation of virtual technology development and support is a prerequisite for performing a variety of important tasks such as maintenance of complex scientific and engineering calculations, updating production, reduce risks, improve the reliability of products.

Purpose: The creation of a network-centric control system for planes landing at free path with regard to the factors of conflict situations.

Results: The development and the use of aircraft are directly related to modeling in those areas where information systems are complex. In addition, the simulation is a major step in system analysis. So, of course, there are modern information technologies that provide automation of this process.

However, it should be noted that the specific main task that stands before us now is not normal flight simulation aircraft and its flight simulations under difficult circumstances, conflicts, threats to the collision at take-off and landing phases. That is, those flight conditions when the danger is at its highest level and taking into account the human factor may be a threat of disaster.

Conclusion: The question of the need to create a complex control system planes landing at free paths, which will be based on the principles of network-centric and ergatic, and will take into account potential conflicts of aircraft in the air for the purpose of warning or permission. The task of the system will improve the safety of air transportation, the solution of the environmental and economic problems, the problem of congestion of airports because of increasing air traffic.

Keywords: network-centric system, landing of aircraft, conflict situations, free trajectory planning, divergence aircraft, collision threat.

1. *The ICAO circulars on ergonomics and human Factors* (№. 1–12). ICAO: 2000 (in Russian).
2. E.D. Teryaev, K.V. Petrin Development of the concept of flexible trajectories in the backs of the terminal control moving objects. Moscow: *Bulletin of the Institute of Mechanical Engineering RAS*, 2009. 18–23 p. (in Russian).
3. Petrov B.N., Portnov-Sokolov Yu.P., Andrienko A.Ya., Ivanov V.P. *Onboard terminal management system: Principles and elements of the theory*. Moscow: Mashinostroenie, 1983. 542 p. (in Russian).

4. Bek V.V., Vishnyakov Yu.S., Mahlin A.R. *Integrated systems of the terminal control*. Moscow: Nauka, 1989. 254 p. (in Russian).
5. Zhevnin A.A., Kolesnikov K.S. Synthesis of terminal control algorithms based on the concept of inverse problems of dynamics. *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Tehn. cybernetics*, 1985, №4. P. 180–188 (in Russian).
6. Mhitaryan A.M., Laznyuk P.S. and other. *Aircraft Flight Dynamics*. Moscow: Mashinostroenie, 1978. 424 p. (in Russian).
7. Pavlov V.V., Kopyitova K.A. Technology composite wing configuration management. *Cybernetics and Computer Science*, 2012, №168. P. 53–60. (in Russian).
8. Pavlov V.V., Volkov A.E., Voloshenyuk D.A. Computer simulation of modern aircrafts using network technologies remote management. *Bulletin of the National Aviation University*, 2013, №4 (57). P. 18–22. (in Russian).

Получено 05.07.2014