

УДК 629.7. 052

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЛЕТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВИЗУАЛЬНОЙ ПОСАДКИ НА КОРАБЛЬ

К.В. ЗАХАРОВ, В.И. ЖЕЛОНКИН, М.В. ЖЕЛОНКИН, О.И. ТКАЧЕНКО, А.А. ХОХЛОВ

По заказу редакционной коллегии

Статья представлена доктором технических наук, профессором Вышинским В.В.

Методика летного моделирования визуальной посадки на корабль разработана с целью повышения безопасности полета и снижения стоимости подготовки летчиков. Виртуальный корабль и его оптическая система посадки отображаются на индикаторе на лобовом стекле самолета. Летное моделирование посадки на корабль осуществляется на безопасной высоте. Предлагаемая методика отработки палубной посадки выполняется без привлечения реального авианесущего корабля и его посадочных систем. Летное моделирование посадки на корабль по предлагаемой методике осуществляется до момента касания виртуальным гаком самолета палубы виртуального корабля.

Ключевые слова: моделирование визуальной посадки на корабль.

Важным этапом летной отработки управляемости палубного самолета и подготовки летчиков к управлению самолетом при посадке на корабль-авианосец являются морские летные испытания. При этом отработка характеристик управляемости палубного самолета и подготовка летчиков к управлению самолетом при посадке на корабль-авианосец затрудняется требованиями безопасности, а также сложностью организации, длительностью и высокой стоимостью проведения работ.

С целью сокращения сроков, снижения стоимости и повышения безопасности летной отработки характеристик самолета и летного обучения управлению при посадке на палубу была разработана методика летного моделирования ручной визуальной посадки на палубу, выполняемого на безопасной высоте без использования корабельных посадочных устройств и оборудования (рис. 1).



Рис. 1. Посадка на палубу

Принцип летного моделирования посадки на палубу основан на формировании для летчика на индикаторе на лобовом стекле (ИЛС) изображения виртуального корабля, движение относительно которого определяется бортовым вычислителем самолета. Используя изображение разметки палубы корабля и сигнала палубной оптической системы посадки (ОСП), летчик осуществляет визуальное управление полетом по глиссаде до момента расчетного касания палубы виртуального корабля, после чего режим летного моделирования посадки прекращается и летчик выводит самолет в новое исходное положение для повторения режима посадки (рис. 2). Данные о точности посадки сообщаются летчику, а также запоминаются для послеполетного анализа.

Расчет движения самолета относительно виртуального корабля, расчет параметров изображения виртуального корабля, а также регистрация процесса посадки обеспечиваются с помощью бортовой системы имитации посадки (СИП), блок-схема которой представлена на рис. 3.

При данной методике летного моделирования возможно летное обучение и оценка точности посадки самолета в автономном режиме полета без использования натурных посадочных систем независимо от готовности корабля и состояния моря. При этом снимаются ограничения по прочности от нагрузок, возникающих при касании взлетно-посадочной полосы (ВПП).

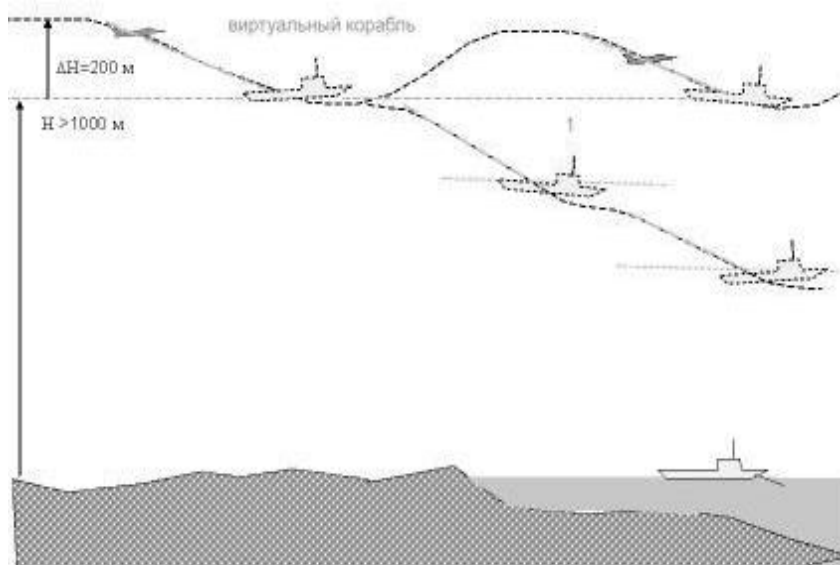


Рис. 2. Изображение виртуального корабля

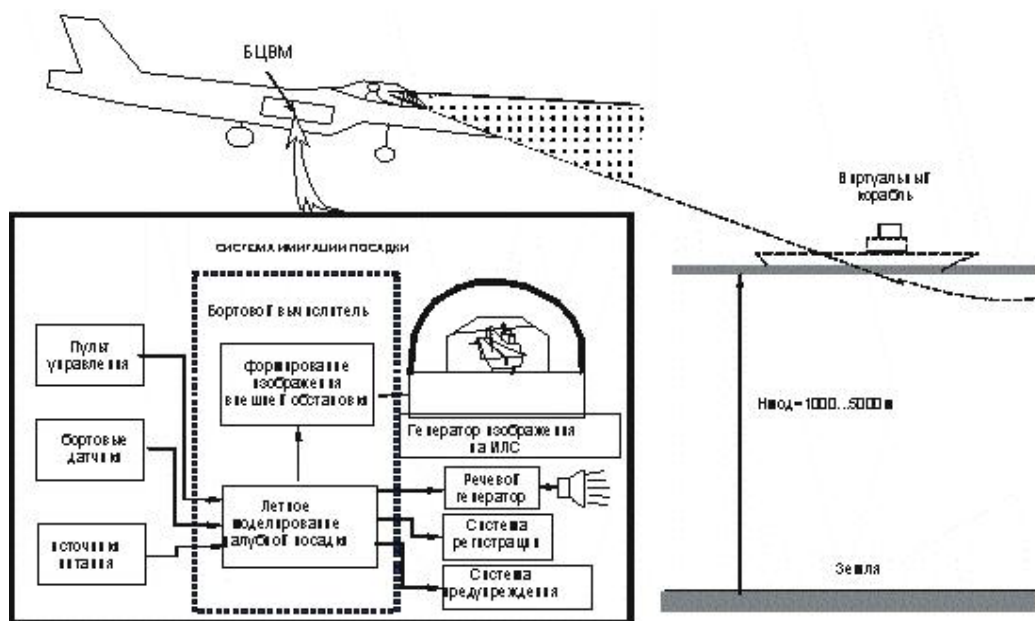


Рис. 3. Бортовая система имитации посадки

С целью отработки методики летного моделирования палубной посадки и оценки возможной точности выполнения посадки на виртуальный корабль были проведены полунатурные исследования на пилотажном стенде с участием летчиков, имеющих опыт посадки на корабль. Было разработано программное обеспечение для расчета взаимного движения самолета и виртуального корабля. Для определения возможности использования монохромного изображения виртуального корабля и сигнала ОСП при визуальном управлении посадкой было разработано упрощенное изображение корабля и светового сигнала ОСП, а также разработана программа формирования изображения корабля на пилотажном стенде (рис. 4).

Проведенное моделирование посадки на палубу с участием летчиков, имеющих опыт посадки на корабль, подтвердило возможность обеспечения требуемой точности визуальной посадки с использованием разработанного упрощенного монохромного изображения корабля.

При осуществлении летного моделирования посадки на повышенной высоте возникает проблема обеспечения подобия движения самолета по отношению к натурной посадке.

Подобие продольного короткопериодического и бокового движения самолета может быть обеспечено приближенно за счет сохранения номинальной приборной скорости, соответствующей натурным условиям посадки. Поскольку при летном моделировании на повышенной высоте истинная скорость превышает приборную скорость (на $\approx 30\%$ на высоте 5000 м), то для обеспечения подобия траекторного движения самолета относительно виртуального объекта и подобия режима работы двигателя разработаны специальные алгоритмы коррекции движения виртуального объекта в пространстве.

Для обеспечения подобия пространственного траекторного движения самолета относительно виртуального корабля вектор скорости метацентра (МЦ) корабля в земной системе должен быть увеличен на величину, равную приращению вектора истинной скорости самолета относительно вектора приборной скорости самолета (рис. 5). Данное преобразование может быть представлено в виде:

$$\vec{V}_k = \vec{V}_k^{\text{ном}} + \Delta \vec{V}_c;$$

$$\Delta \vec{V}_c = \vec{V}_c - \vec{V}_c^{\text{приб}},$$

где $\vec{V}_k$ и $\vec{V}_k^{\text{ном}}$ – векторы скорости МЦ корабля в земной системе координат на повышенной и номинальной высоте $H_{\text{ном}} \approx 0$; $\vec{V}_c$ и $\vec{V}_c^{\text{приб}}$ – векторы истинной и приборной скорости самолета в земной системе координат на повышенной высоте.

При выполнении этого условия при точном движении самолета вдоль глиссады ОСП обеспечивается касание палубы с заданными значениями вертикальной скорости относительно корабля, угла тангажа и скорости зацепления аэрофинишера, которые соответствуют номинальным условиям посадки. При этом обеспечивается также подобие бокового движения самолета относительно виртуального корабля. На рис. 6 показано сравнение бокового движения самолета при коррекции начальной величины бокового отклонения относительно оси посадочной палубы на высотах $H = 0$ м и 5000 м.

Для оценки точности летного моделирования посадки были проведены расчеты и моделирование на пилотажном стенде, для которого было разработано специальное программное обеспечение. Для практической реализации данной методики летного моделирования посадки на палубу был проведен цикл работ по подготовке программного обеспечения БЦВМ конкретного самолета – летающей лаборатории к проведению летного моделирования палубной посадки.

Совместно с ФГУП ПИЦ была разработана структурная схема бортовой системы имитации посадки (СИП) и программное обеспечение СИП.

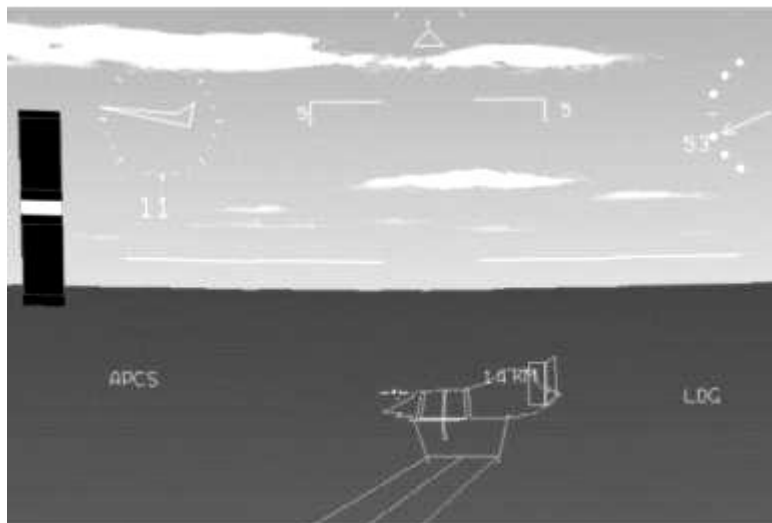


Рис. 4. Реализация внешнего вида виртуального корабля на ИЛС для пилотажного стенда

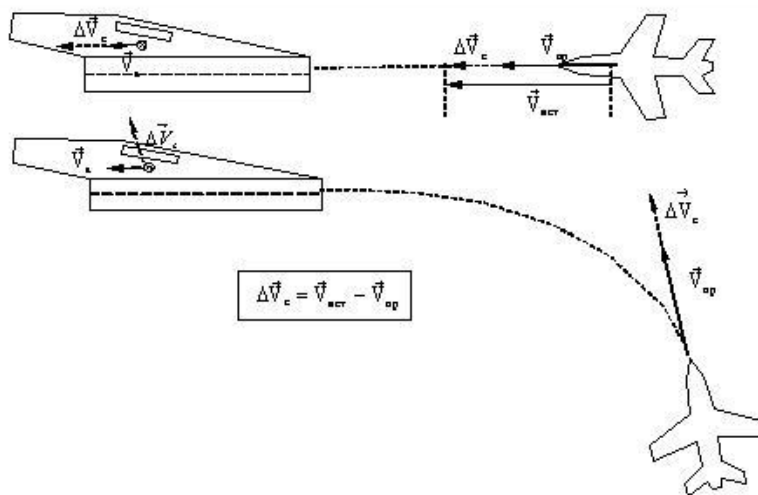


Рис. 5. Обеспечение подобия траекторного движения самолета относительно движущегося виртуального корабля при моделировании посадки на повышенной высоте

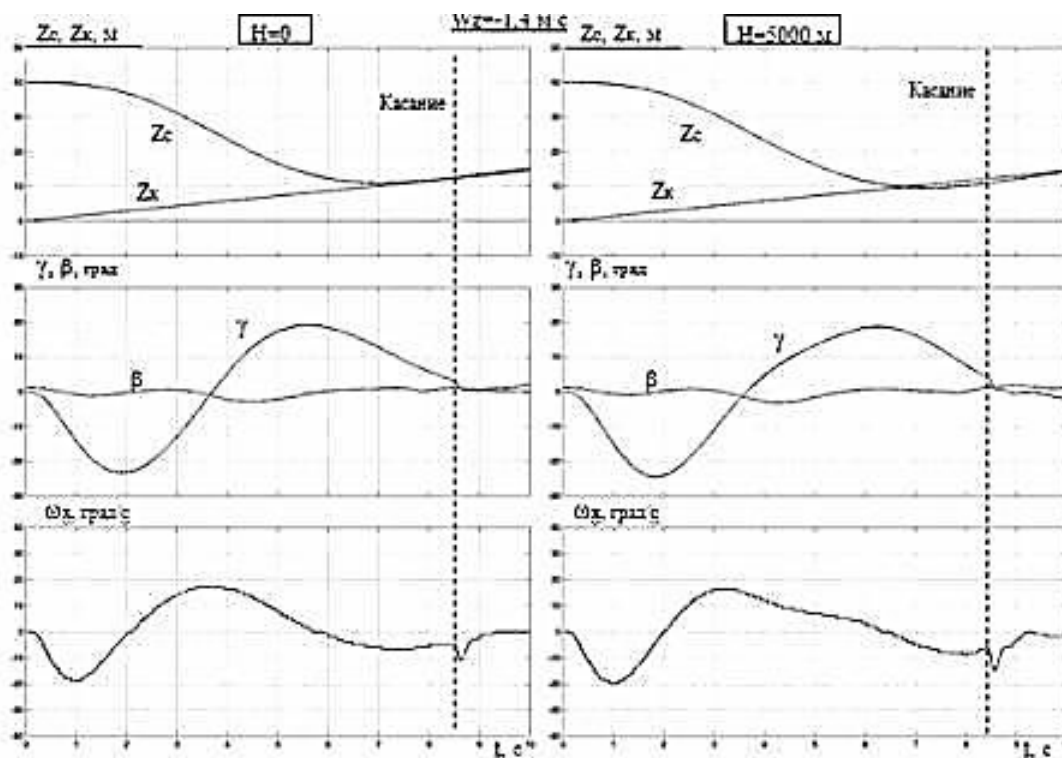


Рис. 6. Устранение бокового отклонения путем управления по крену при боковом ветре

Были проведены работы по преобразованию программного обеспечения (ПО) системы имитации посадки к виду, совместимому с бортовой ЦВМ и ИЛС. Разработанное ранее программное обеспечение для моделирования на пилотажном стенде было перепрограммировано для операционной среды, установленной на бортовой ЦВМ летающей лаборатории. Была также доработана структура ПО, обеспечивающая управление режимом работы СИП с помощью пульта управления в кабине самолета.

Для оценки работоспособности разработанной системы имитации посадки было проведено моделирование посадки на пилотажном стенде. Результаты моделирования для различных самолетов приведены в табл. 1.

Таблица 1

H , м	σ_x , м	σ_{V_y} , м/с	σ_β , град	M_x , м	M_{V_y} , м/с	M_β , град
0	12,0	0,9	1,7	-2,1	-4,1	4,8
2000	10,6	0,8	1,6	1,3	-4,1	4,2
5000	10,7	0,8	1,6	-1,7	-4,1	4,7

При имитации посадки точность отклонения точки касания гака по дальности относительно расчетной точки на палубе, оцениваемая по значению стандартного отклонения σ_x , практически одинакова для разных высот как при наличии качки, так и при ее отсутствии. По мнению летчиков, имеющих опыт реальных посадок на корабль и участвовавших в отработке методики имитации посадки на пилотажном стенде, разработанная система представляется эффективным средством подготовки летного состава перед реальными посадками на корабль.

Заключение

1. Разработанная методика летного моделирования и принцип действия бортовой системы имитации посадки обеспечивают возможность летной отработки характеристик управляемости самолета и обучения летчиков управлению при палубной посадке путем летного моделирования на повышенной безопасной высоте.

2. При принятом законе движения виртуального корабля обеспечивается подобие траекторного движения самолета относительно корабля на различных высотах полета.

3. Проведенные исследования на пилотажном стенде показали возможность использования монохромного упрощенного изображения виртуального корабля и сигнала ОСП, формируемого на ИЛС, для визуального управления при летном моделировании палубной посадки.

4. Летное моделирование посадки с использованием СИП обеспечивает следующие преимущества:

- повышение безопасности летных испытаний и обучения;
- снижение стоимости и сокращение сроков проведения летных испытаний и обучения, так как в течение одного полета моделирование посадки может проводиться неограниченное число раз;
- возможность проведения летных исследований без использования корабля и натурных посадочных устройств независимо от погодных условий;
- повышение надежности статистических оценок точности посадки.

Данная работа выполнена в рамках и за счет финансовой поддержки проекта "Разработка моделирующего комплекса реалистичного восприятия оператором (летчиком) сложных режимов полета и оценки его психофизиологического состояния" (Договор № 02.G25.31.0017/100003471 между ОАО "РСК "МиГ" и Министерством образования и науки РФ об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием ФГАОУ ВПО "МФТИ (ГУ)").

IN-FLIGHT SIMULATION METHOD OF THE AIRCRAFT CARRIER LANDING

Zakharov K.V., Zhelonkin V.I., Zhelonkin M.V., Tkachenko O.I., Khokhlov A.A.

In-flight simulation method of the aircraft carrier landing was developed for the purpose of terms reduction and increase of flight training safety. The image of the simulated carrier and optical landing system are reproduced at the HUD. Flight training is conducted at some safety height. This training technique can be fulfilled without real carrier and its landing equipment. During the flight a pilot can fulfill simulation of the carrier landing unlimited times. Simulation of the carrier landing is continued up to moment when virtual hook touch the virtual deck.

Key words: simulation of the aircraft carrier landing.

Сведения об авторах

Захаров Кирилл Васильевич, 1925 г.р., окончил ЛГУ (1953), кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор более 30 научных работ, область научных интересов – динамика и системы управления самолетов.

Желонкин Владимир Иванович, 1954 г.р., окончил МФТИ (1977), кандидат технических наук, старший научный сотрудник ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор более 30 научных работ, область научных интересов – динамика и системы управления самолетов.

Желонкин Михаил Владимирович, 1984 г.р., окончил МФТИ (2007), младший научный сотрудник ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор 8 научных работ, область научных интересов – динамика и системы управления самолетов.

Ткаченко Олег Иванович, 1954 г.р., окончил МФТИ (1977), кандидат технических наук, начальник сектора ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, автор более 20 научных работ, область научных интересов – динамика и системы управления самолетов.

Хохлов Анатолий Анатольевич, 1957 г.р., окончил МФТИ (1983), старший преподаватель ФАЛТ МФТИ, автор 15 научных работ, область научных интересов – летные испытания, динамика полета, математические методы моделирования, летательные аппараты морского базирования, мореходность гидросамолетов.