

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. Сельвесюка Николая Ивановича
на диссертационную работу

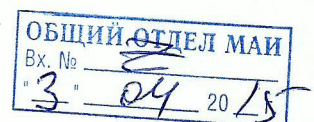
Ивашовой Наталии Дмитриевны «Система автоматического управления посадочным маневром беспилотного летательного аппарата при действии бокового ветра», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (информатика, управление и вычислительная техника)»

Актуальность темы диссертации. По имеющейся статистике этап посадки является одним из наиболее аварийных этапов полета. При этом завершающие фазы предпосадочного маневрирования выполняются экипажем в ручном режиме. Наиболее опасным фактором на данном этапе является действие ветровых возмущений, в первую очередь сильного бокового ветра. Наличие бокового ветра при его парировании в ручном режиме путем использования стандартных предпосадочных маневров может привести к недопустимым параметрам полета или нагрузкам на конструкцию самолета в момент касания взлетно-посадочной полосы. Использование средств автоматизации на данном этапе полета позволит повысить безопасность полетов путем исключения влияния человеческого фактора, а также расширить допустимый диапазон ветровых возмущений при совершении посадки. Кроме того, решение данной задачи позволит расширить эксплуатационные диапазоны и условия применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА), особенно легкой категории. В диссертационной работе предложен подход, основанный на использовании нового способа многорежимного маневрирования, создающий принципиальную возможность одновременного обнуления в момент приземления углов крена, пути и курса, и разработаны алгоритмы автоматизации управления полетом в боковом канале на этапах снижения самолета по глиссаде и выравнивания для реализации данного подхода. Поэтому тема диссертационной работы является **актуальной**.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В диссертации на защиту выносятся следующие основные научные положения:

1) новый способ посадочного маневрирования самолета в горизонтальной плоскости с целью устранения отклонений по курсу и путевому углу на конечном участке выравнивания;



2) алгоритмы переключения режимов управления боковым движением самолета с формированием заданных значений параметров управления;

3) алгоритмы координированного управления боковым и продольным движением самолета на участке выравнивания;

4) обобщенный интегральный критерий оценки прогнозируемого качества приземления самолета в точке начала выравнивания.

1. В работе на основе простых кинематических соотношений и закономерностей динамики полета самолета обоснован новый способ предпосадочного маневрирования в горизонтальной плоскости, состоящий из четырех участков – обычного полета по заданной линии пути, последующего отклонения в попутную ветру сторону, возвращения путем управления по крену и выхода на линию пути (ось ВПП) с устранением отклонений по курсу и путевому углу путем управления по направлению. Данный способ позволяет обеспечить совпадение направления горизонтальной проекции вектора путевой скорости самолета с продольной осью ВПП, что сводит к минимуму дополнительные нагрузки на конструкцию самолета, обусловленные боковой составляющей ветра.

2. Для реализации указанного выше способа в работе предложены алгоритмы, реализующие логику переключения режимов полета для каждого из четырех участков, а также получены расчетные соотношения для определения размеров участков в зависимости от силы бокового ветра. При решении данных вопросов были приняты обоснованные допущения относительно ограничений параметров полета, выбора состава органов управления и информационного обеспечения. Необходимые расчетные соотношения получены на основе известных геометрических соотношений с учетом кинематики движения самолета как материальной точки.

Для каждого участка полета получены алгоритмы расчета заданных траекторных параметров управления: угла курса, путевого угла и бокового отклонения. С использованием данных параметров получены алгоритмы управления в пилотажном контуре: законы отклонения элеронов для управления углом крена и законы отклонения руля направления для управления по курсу. Для получения указанных алгоритмов управления были использованы упрощенные уравнения динамики полета для бокового движения. Законы отклонения органов управления получены на основе линейных пропорционально-дифференциальных регуляторов. При этом полученные законы управления являются квазилинейными, так как их параметры (передаточные числа) изменяются при переходе на следующий участок управления.

3. В работе показано, что для повышения качества и безопасности управления на этапе выравнивания до касания ВПП необходимо реализовать

координированное управление в боковом канале и по высоте. Это позволит обеспечить в точке касания нулевое (минимальное) отклонение от продольной оси ВПП и минимальное значение боковой составляющей скорости. Для реализации координированного управления сформулирована задача синтеза оптимального управления с использованием интегрального квадратичного критерия с терминальной частью. Задача терминального управления решалась методом динамического программирования, при этом в отличие от метода аналитического конструирования оптимальных регуляторов, функция Беллмана представлена степенным полиномом не второго, а третьего порядка. В результате получено строгое математическое решение в виде квазилинейных регуляторов, в которых передаточные числа меняются при несоответствии отклонений в двух каналах гипотезе об их линейной пропорциональности. Результатом проведенного синтеза является полученная структурная схема трехканальной системы координированного управления.

4. На основе анализа многочисленных данных моделирования предложен обобщенный интегральный критерий оценки прогнозируемого качества приземления, использование которого позволяет определить (спрогнозировать) области допустимых отклонений по углам пути, курса и линейному боковому отклонению от линии пути в точке начала выравнивания. Использование данного критерия позволяет решить две практически важные задачи. Во-первых, при прогнозируемом выходе координат самолета из области допустимых значений можно заранее сформировать решение об уходе на повторный круг. Во-вторых, можно спрогнозировать диапазон допустимых ветровых возмущений при использовании различных алгоритмов управления.

Считаю, что автор вполне обоснованно сформулировал предлагаемые научные положения и при этом получил ряд **новых научных результатов**, к основным из которых следует отнести:

1) новый способ выполнения посадочного маневра самолета, который позволяет путем выполнения активных маневров устранить нежелательные отклонения параметров полета самолета при действии бокового ветра;

2) формализованный алгоритм формирования заданных параметров предложенных предпосадочных маневров в зависимости от скорости самолета и скорости бокового ветра, который может быть реализован в автоматическом режиме;

3) усовершенствованная структура квазилинейных регуляторов управления рулем высоты и элеронами, которые позволяют координировать параметры бокового и продольного движения до момента касания ВПП;

4) новый критерий оценки качества приземления, который позволяет оценить область допустимых отклонений самолета по положению и скорости от требуемой траектории посадочного маневра для обеспечения безопасности посадки.

Достоверность полученных результатов обоснована корректным использованием фундаментальных результатов теории управления и оптимизации, методов приближенных вычислений и математического моделирования, основных принципов динамики полета, а также результатами математического моделирования, проведенного с использованием характеристик реальных летательных аппаратов.

Практическая значимость полученных автором научных результатов определяется тем, что за счет существенного уменьшения отклонений самолета в точке приземления с помощью предложенного подхода может быть расширен диапазон допустимых ветровых возмущений, а также снижены требования к прочности стоек шасси. Путем автоматизации предложенных предпосадочных маневров и прогнозирования допустимых отклонений параметров полета обеспечивается повышение безопасности выполнения посадки самолета, в том числе в беспилотном варианте.

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в 3 статьях в изданиях из перечня ВАК, а также прошли апробацию на конференциях различного уровня, о чем свидетельствуют публикации тезисов докладов. В качестве рекомендации предлагается оформить патенты на разработанные алгоритмы.

В автореферате достаточно полно отражено основное содержание диссертации.

Основные недостатки диссертации, которые следует отметить в отзыве, состоят в следующем:

1) При исследовании эффективности и предельных возможностей предложенных алгоритмов управления используется математическая модель БЛА «Орион» с упрощенной моделью органов управления, учитывающей только ограничения на величину перемещения рулевых поверхностей, что снижает достоверность полученных результатов.

2) В главе 3 расчет параметров участков предлагаемого посадочного маневра (заданного бокового отклонения, путевых и курсовых углов) произведен с использованием модели конкретного летательного аппарата, что снижает научную ценность полученного результата. Более правильно было бы получить обобщенные соотношения в зависимости от основных параметров летательного аппарата, например, скорости и массы.

3) Из-за наличия в интегральном критерии качества нелинейного слагаемого для расчета параметров оптимальных квазилинейных регуляторов в продольном и боковом каналах автор приближенно решает уравнения, полученные на основе модифицированной функции Беллмана с введением некоторых членов третьей степени. В работе отсутствует оценка точности такого приближенного решения.

4) При оценке влияния турбулентной составляющей бокового ветра на параметры предпосадочного маневра необходимо было использовать метод статистического моделирования для получения статистических характеристик параметров. В работе приведены только значения отдельных реализаций контролируемых параметров полета, что снижает достоверность полученных результатов.

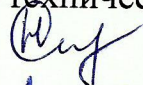
Несмотря на указанные недостатки, диссертационная работа Ивашовой Н.Д. выполнена на достаточно высоком научном уровне, грамотным и лаконичным языком, содержание работы отличается логической последовательностью изложения и структурной завершенностью.

Заключение. Диссертация Ивашовой Н.Д. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи повышения безопасности посадки самолета путем реализации новых предпосадочных маневров в автоматическом режиме, имеющей важное значение для развития методов управления летательными аппаратами. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01, а ее автор, Ивашова Наталия Дмитриевна, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Главный научный сотрудник Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»

доктор технических наук, доцент


Н.И. Сельвесюк
« 2 » апреля 2015 г.

Сельвесюк Николай Иванович
125319, Москва, ул. Викторенко, д.7
Тел. 8 (499) 759-00-69

Подпись главного научного сотрудника Сельвесюка Н.И. заверяю:

Начальник отдела кадров И.П. Крыгин

