

ОТЗЫВ

**официального оппонента кандидата технических наук
доцента Канушкина Сергея Владимировича
на диссертационную работу Якименко Вячеслава Анатольевича
«Разработка функционально-программного прототипа индивидуально-
адаптированной системы поддержки управляющих действий пилота на этапе
посадки с использованием нейросетевого подхода»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации
(авиационная и ракетно-космическая техника)»**

В настоящее время возрастает роль «человеческого фактора» в обеспечении безопасности полетов. В перспективе эта роль будет только возрастать, поскольку развитие авиационной техники, совершенствование динамических характеристик летательных аппаратов приведет к тому, что летчик будет вынужден практически мгновенно оценивать обстановку и осуществлять соответствующие управляющие действия. **Актуальной** является задача создания систем, реализующих функции интеллектуальной поддержки летчика. Возможность учета личностной специфики летчика позволит повысить уровень безопасности эксплуатации авиационной техники.

Диссертация состоит из четырёх глав.

В первой главе проанализированы известные современные подходы к разработке бортовых систем, реализующих функции поддержки летчика. Приведена математическая постановка задачи разработки индивидуально-адаптированной модели управляющих действий летчика. Рассмотрены современные направления в области разработки подобных систем. Показано, что все существующие модели действий летчика ориентированы на его среднестатистические характеристики, что не позволяет учесть индивидуальные особенности управляющих действий конкретного летчика.

На основе анализа современных подходов к разработке бортовых систем, реализующих функции поддержки летчика, в первой главе диссертации приведена математическая постановка задачи разработки индивидуально-адаптированной модели управляющих действий летчика. Обоснована и сформулирована задача применительно к режиму посадки, целью которого является приведение ЛА на срез ВПП с выполнением заданных ограничений.

Предложено под моделью летчика в работе понимать зависимость, которая для каждого момента выполнения посадочного режима, характеризующегося дальностью от среза ВПП, и соответствующего этому моменту состояния системы «самолет-летчик» определяет прогнозируемую точность приведения самолета на ВПП, выраженную скалярной величиной. Таким образом, задача сводится к отысканию способа построения зависимостей, которые обеспечили бы учет индивидуальной манеры управления, присущей летчику, и разработке способов отображения пилоту рекомендаций, сформированных на основе прогнозного значения.

Во второй главе обоснована необходимость использования индивидуально-адаптированных моделей летчика в системах контроля и поддержки его управляющих действий. Рассмотрена структура программно-



аппаратного симулятора самолета МиГ-АТ, использованного для проведения моделирования посадочного режима, описаны методика проведения моделирования и полученные результаты.

Обработаны результаты серии экспериментов, в ходе которых летчики, обладающие различной квалификацией и опытом, многократно выполняли посадочный режим. Решена задача статистически достоверного обоснования наличия индивидуальной манеры пилотирования. Представлены результаты статистической обработки траекторий посадки, выполненных одним летчиком и результаты статистической значимости различий между параметрами посадочных траекторий, выполненных разными летчиками.

Приведенные результаты подтвердили сформулированные предположения. При этом наличие индивидуальной манеры пилотирования статистически достоверно проявляется для подавляющего большинства регистрируемых траекторных параметров и параметров перемещения органов управления. Полученные результаты являются подтверждением того, что летчику присуща индивидуальная манера пилотирования, которая должна учитываться в системах поддержки его управляющих действий.

Третья глава посвящена постановке и решению задачи разработки индивидуально-адаптированной модели управляющих действий летчика и ее использованию в интересах контроля и поддержки его действий при выполнении режима посадки. Представлена архитектура функционально-программного прототипа индивидуально-адаптированной системы поддержки пилота на этапе посадки.

В силу отсутствия на сегодняшний день фундаментальной основы к созданию моделей управляющих действий пилота, как элемента замкнутой эргатической системы «самолет-летчик», построение зависимостей аналитическими методами не представляется возможным.

Предложено использовать подход, предполагающий построение экспериментальной модели управляющих действий летчика в виде набора зависимостей на основе информации, накопленной в процессе его предшествующей деятельности. Для этой цели могут использоваться как классические методы регрессионного анализа, так и аппарат искусственных нейронных сетей. В работе использована нейронная сеть типа двухслойный персептрон. Разработана индивидуально-адаптированная нейросетевая модель действий пилота на этапе посадки и алгоритмы ее построения на основе полетных данных, источниками которых являются штатные бортовые средства регистрации полетной информации.

Рассмотрены два варианта применения нейронной сети для целей поддержки управляющих действий летчика: с реализацией поддержки управляющих действий летчика посредством формирования индивидуальных стимулирующих поправок к положению глассадной планки на курсоглассадном приборе и с отказом от прогноза непосредственных значений параметров, характеризующих точность выполнения посадки, и переходом от задачи регрессии к задаче классификации. Рекомендации в этом случае формируются не как поправки к показаниям штатных приборов, а как дополнительные информационные сигналы. Предложены алгоритмы

формирования рекомендаций, направленных на повышение точности приведения ЛА на срез ВПП.

В четвертой главе исследования завершаются путем описания архитектуры функционально-программного прототипа (ФПП) индивидуально-адаптированной системы поддержки управляющих действий пилота на этапе посадки и анализу результатов применения разработанного ФПП для целей поддержки действий летчика. Интеллектуальным ядром ФПП является индивидуально-адаптированная нейросетевая модель. Разработано специализированное программно-математическое обеспечение, составляющее основу функционально-программного прототипа индивидуально-адаптированной системы поддержки пилота на этапе посадки. Предусматривается два режима работы системы:

1) режим послеполетной обработки информации, предполагающий обновление базы данных полетной информации с учетом результатов выполнения посадочного режима в последнем полете.

2) оперативный режим, который реализуется непосредственно в полете и предполагает реализацию мер индивидуально-адаптированной поддержки летчика путем формирования стимулирующих поправок к курсоглиссадным планкам или путем стрелочной индикации рекомендуемого маневра.

Представлены результаты проведения серии стендовых экспериментов с использованием аппаратно-программного симулятора самолета МиГ-АТ. Эффективность использования предложенных индивидуально-адаптированных моделей и алгоритмов подтверждена серией экспериментов, предусматривающих три варианта использования системы поддержки: в режиме прогноза значения точности приведения; в режиме прогноза приведения в заданный интервал; выполнение посадки без использования системы поддержки.

Показаны результаты имитационного моделирования режима посадки на программно-аппаратном симуляторе самолет МИГ-АТ с использованием индивидуально-адаптированной системы поддержки пилота, подтверждающие эффективность индивидуально-адаптированной поддержки пилота как средства повышения точности выполнения посадочного режима. Использование системы в режиме прогноза значения точности приведения позволяет снизить процент неудачных посадок практически вдвое – до 20%, по сравнению с 40% - без использования системы поддержки. Использование же системы в режиме прогноза приведения в заданный интервал позволило полностью исключить неудачные посадки. Этот результат указывает на целесообразность и эффективность использования предложенного подхода и, в частности, предложенных моделей действий летчика, для решения задачи контроля и поддержки его управляющих действий.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

1. Разработаны алгоритмы построения индивидуально-адаптированной модели действий пилота на этапе посадки с использованием аппарата искусственных нейронных сетей.
2. Предложены алгоритмы формирования рекомендаций, направленных на повышение точности приведения ЛА на срез ВПП, основанные на использовании искусственных стимулирующих поправок к показаниям

курсогладкого прибора, либо на формировании дополнительных информационных сигналов, отображаемых на многофункциональных индикаторах.

3. Разработано специализированное программно-математическое обеспечение, составляющее основу функционально-программного прототипа индивидуально-адаптированной системы поддержки пилота на этапе посадки.

Практическая значимость работы состоит в том, что разработанный функционально-программный прототип индивидуально-адаптированной системы поддержки летчика позволяет снизить количество полетов, выполненных с нарушением заданных требований по точности приведения ЛА на срез ВПП. Показано, что использование индивидуально-адаптированной нейросетевой модели, обеспечивающей прогноз точности приведения самолета на срез ВПП путем решения задачи регрессии, позволяет вдвое снизить процент неудачных посадок. Использование для целей поддержки летчика индивидуально-адаптированной нейросетевой модели, обеспечивающей прогноз точности приведения самолета на срез ВПП путем решения задачи классификации, позволило исключить неудачные посадки по вине летчика. Таким образом, поставленная цель работы, т.е. повышение безопасности полетов путем разработки функционально-программного прототипа индивидуально-адаптированной системы поддержки управляющих действий пилота, может считаться достигнутой.

Достоверность результатов работы подтверждается математической обоснованностью и адекватностью моделей действий летчика и реализованных в аппаратно-программном симуляторе самолета МиГ-АТ, использованном в процессе имитационного моделирования, результатами имитационного моделирования процесса выполнения посадки на аппаратно-программном симуляторе самолета МиГ-АТ.

Результаты работы прошли достаточную апробацию, уровень публикаций соответствует требованиям. Результаты работы опубликованы в 9 печатных изданиях, из них 4 статьи в рекомендуемых ВАК научных журналах. В соавторстве получено два свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

Автореферат соответствует основным положениям диссертации.

Тема диссертационной работы и ее содержание соответствует специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», по которой она представлена к защите.

По существу диссертации можно сделать следующие замечания:

1. В работе не представлен подробный анализ современных методик разработки систем, реализующих в том или ином виде функции поддержки летчика.
2. В работе не приведены математические обоснования возможности введения допущения и рассмотрения модели летчика в виде отклонения только одного параметра состояния на срезе ВПП, а именно высоты.
3. Имеются отдельные стилистические, методические погрешности, не

выполнение правил оформления.


Указанные замечания ни в коей мере не умаляют достоинств работы.

Вывод: диссертация является законченной научно-квалификационной работой, соответствует критериям, изложенным в "Положении о присуждении ученых степеней" (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Якименко Вячеслав Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Официальный оппонент

Доцент кафедры «Системы управления ракет» Военной академии РВСН имени Петра Великого (филиал в г. Серпухов)

кандидат технических наук, доцент

 С.В.Канушкин

142206, Московская обл., г. Серпухов,

ул. Центральная, дом 142, кв.216,

Тел.:8-4967-38-04-33, e-mail:kan.cer59@yandex.ru

“ 6 ” декабря 2016 года

Подпись кандидата технических наук, доцента Канушкина С.В. заверяю.

Секретарь Учёного совета Военной академии РВСН имени Петра Великого

(филиал в г. Серпухов)

доктор военных наук, профессор

“ 6 ” декабря 2016 года

 С.П.Столяревский

