

УТВЕРЖДАЮ

Проректор Московского государственного
технического университета гражданской
авиации по научной работе, д.т.н., проф.

Воробьев В.В.

«01» декабря 2016 г.



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Тюменцева Юрия Владимировича на тему «Нейросетевое моделирование адаптивных динамических систем», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Свойства объектов авиационной техники (АТ) в процессе их функционирования могут изменяться заранее непредсказуемым образом, например, вследствие отказов их систем, а также из-за повреждения конструкций. Модели таких объектов, не учитывающие указанных изменений, могут приводить к возникновению критических ситуаций, если они используются, например, в составе систем управления. Предотвращение такого рода критических ситуаций составляет одну из важных задач, решаемых в рамках проблемы обеспечения безопасности полета (БП). В связи с этим исследования, направленные на обеспечение изменчивости модели сообразно меняющейся ситуации, безусловно, обладают **актуальностью**.

Соответственно, **целью** исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, является формирование адаптивных моделей, т.е. обладающих способностью видоизменяться для сохранения адекватности изменившимся свойствам моделируемого объекта или для парирования неопределенностей других видов в свойствах данного объекта, а также в условиях его функционирования.

Традиционные модели движения летательных аппаратов (ЛА) в виде систем дифференциальных уравнений не позволяют наделить формируемую модель свойством адаптивности. Требуемую адаптивность можно получить, если модель формировать с использованием методов и средств нейросетевых технологий. Однако такие технологии в их традиционном варианте позволяют получать лишь чисто эмпирические модели (т.е. модели типа «черный ящик»), основанные на экспериментальных данных о поведении ЛА, что существенно ограничивает возможности этих технологий с точки зрения задач моделирования динамических систем. Кроме того, эти модели позволяют решать задачи идентификации систем (т.е. вос-

Вх. № 5 12 20 16

становление модели объекта в целом), но в силу своих структурных особенностей не обеспечивают решение задач идентификации характеристик ЛА, например, его аэродинамических характеристик, что является крупным недостатком традиционного нейросетевого подхода к моделированию систем. В связи с этим **предметом** исследований в диссертации является создание нового класса математических и компьютерных моделей, которые обладают адаптивностью, позволяют решать задачи с уровнем сложности, достаточным для практики, а также обеспечивают решение задач идентификации характеристик ЛА. Этот новый класс моделей, именуемый в диссертации полуэмпирическими моделями (это модели типа «серый ящик»), имеет гибридный характер и основывается как на экспериментальных данных о поведении ЛА (как традиционные нейросетевые модели), так и на теоретических знаниях об объекте моделирования (как традиционные модели движения в виде систем дифференциальных уравнений).

Исследования, проведенные в ходе выполнения диссертационной работы, привели к получению ряда **новых научных результатов**, касающихся, в первую очередь, предложенного класса гибридных (полуэмпирических) нейросетевых моделей динамических систем. Формирование этого класса моделей потребовало развития целого ряда элементов нейросетевых технологий, в частности, было разработано унифицированное структурное описание НС-моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей. Кроме того, в работе разработан композиционный подход к синтезу статических и динамических НС-моделей, основанный на интерпретации НС-модели как разложения по обобщенному функциональному базису. На этой основе разработаны алгоритмы формирования гибридных нейросетевых моделей полуэмпирического типа, а также алгоритмы их структурной корректировки и параметрической настройки. Еще одна область, где получены новые научные результаты, – это идентификация характеристик динамических систем, при этом, в отличие от традиционного подхода к решению данной задачи, основанного на линеаризации искомым характеристикам, в разработанном подходе эти характеристики трактуются как нелинейных функций многих переменных. Критически важным элементом процесса формирования полуэмпирических нейросетевых моделей является получение наборов обучающих данных для них, обладающих требуемым уровнем информативности. В диссертации разработаны методы и алгоритмы получения таких данных.

Теоретическая значимость работы определяется ее вкладом в развитие нейросетевых технологий применительно к задачам анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик динамических систем, включая ЛА различных классов. Полученные результаты открывают новые возможности для решения задач управления поведением сложных технических систем, действующих в условиях неопределенности.

Практическая значимость работы обусловлена тем, что полученные в ней результаты обеспечивают базу для решения одной из важнейших для современной авиации задач, которая состоит в роботизации ЛА, что позволит существенно повысить их эффективность при решении сложных целевых задач, а также выживаемость в неблагоприятных условиях. Эти результаты могут быть использованы разработчиками перспективных ЛА при формировании алгоритмов адаптивного и интеллектуального управления их поведением, а также анализа их поведения и решения задач идентификации характеристик.

В числе **замечаний** по содержанию автореферата диссертации необходимо указать следующие. Материал автореферата не дает возможности понять, каким образом осуществляется структурная корректировка формируемой модели в ситуациях, когда одной параметрической корректировки оказывается недостаточно. Кроме того, предложенные методы применяются к решению задач синтеза управления движением ЛА применительно к нескольким схемам адаптивного управления, однако отсутствует сравнительный анализ эффективности привлекаемых схем.

Эти **замечания** не снижают общую положительную оценку представленной диссертации. Согласно представленному автореферату, работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, а ее автор, Тюменцев Юрий Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов» МГТУГА (протокол № 6 от 29 ноября 2016 г.).

Заведующий кафедрой
«Аэродинамика, конструкция и
прочность ЛА» МГТУГА,
Заслуженный деятель науки РФ,
д.т.н., проф.



Ципенко Владимир Григорьевич

Почтовый адрес: 125993, Россия, Москва, А-493, ГСП-3, Кронштадтский бульвар, 20
Телефон: 8(499)-459-07-91
E-mail: vgcipenko@yandex.ru