

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального директора
ФГУП ГосНИИ ГА
к.т.н., Громов М.С.

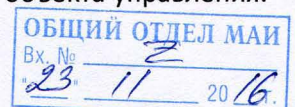


03 ноября 2016 г.

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)».

Постоянное совершенствование автоматических систем управления летательными аппаратами, создание беспилотных летательных аппаратов является одним из основных трендов развития авиационной науки на современном этапе. Бурное развитие науки в этом направлении сделало возможным не только полную автоматизацию процесса управления, но и создание адаптивных систем, позволяющих изменять законы управления ЛА в зависимости от возникновения возможных неисправностей, нештатных ситуаций и других моментов, приводящих как к усложнению условий полета, так и к возникновению опасных и аварийных ситуаций. Такого рода ситуации могут быть связаны, в частности, с выходом из строя аэродинамических управляющих поверхностей, их приводов, других элементов системы управления, а также с различными повреждениями планера ЛА, меняющими аэродинамические характеристики и динамические свойства ЛА. В этом случае необходимо пытаться не допустить нарушения устойчивости движения ЛА и потери его управляемости, а это в свою очередь может быть сделано путем соответствующей корректировки (перестройки) законов управления движением ЛА. Такая корректировка, призвана, если только это физически возможно, восстановить характеристики устойчивости и управляемости ЛА до уровня, обеспечивающего безопасное продолжение и завершение полета. Исследованию возможности реализации такой схемы за счет реконфигурации системы управления, т. е. перераспределения функций между органами управления, оставшимися исправными, отключения неисправных элементов системы управления, а также за счет оперативного учета изменений, которым подверглись аэродинамические и динамические характеристики ЛА и посвящена диссертационная работа Тюменцева Юрия Владимировича. В качестве инструмента реконфигурации системы управления автором использованы механизмы адаптации, которые позволяют подстраивать данную систему согласно меняющейся ситуации (состояние ЛА и среды, в которой он действует). Важнейшую роль в реализации механизмов адаптации играет модель рассматриваемой системы как объекта управления. Эта модель непосредственно входит в состав средств системы адаптивного управления, откуда следует, что если вследствие возникшей особой ситуации изменились динамические свойства объекта управления, то потребуются восстановление адекватности модели данному объекту. Следовательно, не только закон управления, но и модель объекта должна обладать адаптивностью, т.е. вариативностью, отслеживающей изменения в свойствах объекта управления.



Учитывая важнейшую роль, которую играют разработанные подходы в повышении надежности систем автоматического управления и, соответственно, в обеспечении безопасности полета, формирование адаптивных моделей таких систем, критически важных для реконфигурации системы управления ЛА, обладает высокой степенью актуальности.

Формирование адаптивных моделей динамических систем представляет собой нетривиальную задачу. Традиционный аппарат описания динамических систем (дифференциальные уравнения) не обеспечивает возможности придания модели свойств адаптивности. Такими свойствами обладают модели динамических систем, основанные на использовании нейросетевой технологии, однако они серьезно ограничены по доступному уровню сложности моделируемых систем по принципиальным причинам (динамические системы в этом случае рассматриваются как объекты типа «черный ящик»). В связи с этим возникает проблема создания такого класса математических и компьютерных моделей, которые обладали бы адаптивностью и при этом их можно было бы получать и использовать для достаточно сложных систем. Решение данной проблемы является основной целью рассматриваемой диссертационной работы. Требуемая адаптивная модель может быть получена с использованием предложенного в диссертации полуэмпирического подхода, позволяющего сочетать в гибридной нейросетевой модели (модели типа «серый ящик») теоретические знания об объекте моделирования с экспериментальными данными о его поведении. Результаты вычислительных экспериментов, представленные в диссертации, показывают многократное повышение точности моделирования для полуэмпирического подхода в сравнении с традиционным чисто эмпирическим нейросетевым подходом. Еще один важный результат, полученный в диссертации, связан с решением задачи идентификации аэродинамических характеристик ЛА. Это решение, в отличие от традиционного подхода, не требует линеаризации искомых характеристик, которые в диссертации отыскиваются как нелинейные функции многих переменных, зависящие от величин, описывающих движение ЛА.

Реализация полуэмпирического подхода к моделированию управляемых динамических систем потребовало проведения обширных исследований. Научная новизна результатов этих исследований состоит в том, что: разработан подход к гибридному нейросетевому моделированию динамических систем и основанный на нем класс моделей полуэмпирического типа, объединяющий теоретические знания об объекте моделирования и экспериментальные данные о его поведении; разработано унифицированное структурное описание НС-моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей; разработан композиционный подход к синтезу статических и динамических НС-моделей, основанный на интерпретации НС-модели как разложения по обобщенному функциональному базису; разработаны алгоритмы формирования гибридных нейросетевых моделей полуэмпирического типа; разработаны методы и алгоритмы получения обучающих данных для НС-моделей динамических систем; разработан подход к решению задачи идентификации характеристик динамических систем с представлением этих характеристик в виде нелинейных функций многих переменных; сформирована типология ДС, обеспечивающая единый контекст для решения задач анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик при создании перспективных технических систем различных классов.

Предложенный в диссертации класс нейросетевых моделей управляемых динамических систем, а также методы синтеза и параметрической настройки таких моделей открывают новые возможности для решения задач управления поведением сложных технических систем в условиях

неопределенности, что определяет теоретическую значимость полученных в диссертации результатов.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные 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.

По содержанию рассматриваемой работы необходимо сделать следующие замечания. В задаче идентификации аэродинамических характеристик летательного аппарата, имеющей важное значение для успешного формирования модели движения ЛА, из шести коэффициентов аэродинамических сил и моментов рассмотрены пять, коэффициенту аэродинамического сопротивления (суммы аэродинамического сопротивления и тяги) не уделено достаточного внимания, а именно нахождение зависимости для этой величины представляет собой традиционно сложную проблему, кроме того, задача создания адаптивных алгоритмов управления на случай отказа двигателя, является одной из наиболее актуальных. Кроме того, для анализа свойств ЛА важным инструментом является совокупность значений производных коэффициентов аэродинамических сил и моментов по переменным, характеризующим состояние и управления ЛА. Алгоритм получения этих производных, основанный на использовании функционального представления коэффициентов сил и моментов, полученного в диссертации, изложен недостаточно полно и четко, что не позволяет в полной мере оценить, насколько работоспособным является этот алгоритм и как он работает в условиях возмущенного движения с большими угловыми и линейными ускорениями.

Отмеченные недостатки не уменьшают общую высокую ценность результатов, полученных в рассматриваемой диссертационной работе. Автореферат диссертации позволяет сделать заключение, что 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)».

Масленникова Галина Евгеньевна,

доктор технических наук, начальник отдела исследований изменений летных характеристик воздушных судов в процессе эксплуатации Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (ФГУП ГосНИИ ГА)

Адрес: 125438, Россия, Москва, ул. Михалковская, 67, корп.1

Тел.:8-916-191-17-89

E-mail: maslennikova_ge@mail.ru

Подпись Масленниковой Г.Е. заверяю

