

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор
АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей»
доктор технических наук



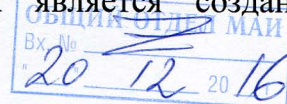
П.А. Созинов

«15» декабря 2016 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы 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)»

Одна из наиболее насущных проблем авиационной и ракетно-космической техники заключается в создании высокоавтоматизированных и роботизированных летательных аппаратов, как пилотируемых, так и беспилотных. Наиболее остро эта проблема стоит для роботизированных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), обладающих высокой степенью автономности при решении ими различных целевых задач в условиях многочисленных и разнообразных неопределенностей. Решение данной проблемы можно обеспечить путем наделения системы управления поведением БПЛА развитыми механизмами, позволяющими им приспособливаться (адаптироваться) к существенно меняющейся ситуации. Реализация этих механизмов позволит создавать адаптивные и интеллектуальные системы управления поведением автономных роботизированных БПЛА, предназначенных для эффективного решения сложных целевых задач и успешно действующих в условиях неопределенности как одиночно, так и в составе группировки (например, полетов «роя» БПЛА). Еще одно важное следствие применения средств адаптивного и интеллектуального управления поведением БПЛА состоит в том, что появляется возможность резко повысить выживаемость ЛА при серьезных повреждениях его конструкции и отказах бортового оборудования. При реализации перечисленных выше функций как в процессе создания, так и при последующей эксплуатации ЛА различных видов значительное место занимают анализ поведения динамических систем, синтез алгоритмов управления для них, а также идентификация их неизвестных или неточно известных характеристик. Критически важная роль при решении задач этого класса принадлежит математическим и компьютерным моделям динамических систем. Данное обстоятельство обуславливает **актуальность** исследований, представленных в рассматриваемой диссертационной работе, **целью** которых является создание



аппарата математического и компьютерного моделирования управляемых динамических систем, обладающих свойством адаптивности.

Традиционным инструментом для моделирования динамических систем являются дифференциальные уравнения, которые, в сочетании с соответствующими численными методами широко используются при решении задач синтеза и анализа управляемого движения ЛА различных классов. Для моделей такого типа, однако, нет возможности наделения их свойством адаптивности. В то же время, таким свойством обладают модели, основанные на использовании искусственных нейронных сетей. Однако и эти модели не удовлетворяют в полной мере указанным выше условиям в силу того, что они интерпретируют моделируемую систему как объект типа «черный ящик», а получаемая модель, имеющая эмпирический характер, формируется на основе только экспериментальных данных о поведении системы, что существенно ограничивает доступный уровень сложности моделируемых систем. В связи с этим, в качестве предмета **исследования** в диссертационной работе выбран новый класс математических и компьютерных моделей гибридного типа (называемых в диссертации полуэмпирическими моделями), основанных, помимо экспериментальных данных также и на имеющихся теоретических знаниях об объекте моделирования. Эти модели, относящиеся к классу «серый ящик», зарекомендовали себя как высокоэффективное средство решения задач анализа поведения, синтеза управления и идентификации характеристик ЛА, что подтверждается в диссертации результатами обширной серии вычислительных экспериментов.

В процессе реализации целей исследования был получен целый ряд **новых научных результатов**, относящихся к следующим трем основным областям:

1) развитие нейросетевых технологий на основе концепции порождающей системы с унифицированным структурным представлением нейросетевых моделей;

2) формирование нового класса гибридных математических моделей, позволяющих для динамических систем объединить достоинства таких моделей, как дифференциальные уравнения и динамические нейронные сети традиционного типа, а также избавиться от их недостатков;

3) формирование нового подхода к идентификации характеристик управляемых динамических систем на основе использования полуэмпирических нейросетевых моделей, при котором отпадает необходимость в линеаризации искомым характеристик.

Теоретическая значимость этих результатов и диссертационной работы в целом заключается в том, что предложенный класс нейросетевых моделей динамических систем, а также соответствующие методы синтеза и параметрической настройки таких моделей открывают новые возможности для решения задач управления поведением сложных технических систем в условиях неопределенности.

Практическая значимость рассматриваемой работы обусловлена важностью полученных результатов для решения проблемы роботизация ЛА, ориентированной на

существенное повышение их эффективности при решении сложных целевых задач, а также выживаемости 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 качестве **замечания** по автореферату следует указать на слишком сжатое изложение процесса получения полуэмпирической нейросетевой модели управляемой динамической системы из ее исходной теоретической модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений, что не позволяет понять специфику данного процесса, а также возможности варьирования его элементов в ситуациях работы со сложными объектами моделирования, когда стандартных элементов становится недостаточно.

Данное замечание не снижает общей высокой оценки рассматриваемой диссертации. Представленный автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертационная 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)».

Начальник управления инновационного развития
АО «Концерн ВКО «Алмаз – Антей»
кандидат технических наук



Игорь Алексеевич Росляков

Акционерное общество
«Концерн воздушно-космической обороны «Алмаз – Антей»

Адрес: Российская Федерация, 121471, г. Москва, ул. Верейская, д. 41
Тел.: (495) 276-29-75 доб. 26-95
E-mail: innov@almaz-antey.ru