

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Харькова Виталия Петровича на диссертацию на соискание учёной степени доктора технических наук ТЮМЕНЦЕВА Юрия Владимировича, выполненную на тему: "Нейросетевое моделирование адаптивных динамических систем".

Специальность 05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника).

Актуальность выполненной диссертации обусловлена следующими обстоятельствами.

Расширение круга решаемых задач пилотируемыми ЛА и беспилотными летательными аппаратами (БЛА), включая и космические аппараты, в котором значительную часть составляют задачи военного и оборонного значения, предполагает и повышение, в первую очередь, безопасности полётов. Достижение требуемого уровня безопасности в настоящее время осуществляется за счёт использования технологии, связанной с резервированием особо важных систем, к которым и относятся системы управления. Такой подход пока является единственным способом обеспечения требуемого уровня безопасности полётов в штатных и в прогнозируемых нештатных ситуациях. В непрогнозируемых нештатных ситуациях, таких как боевые повреждения, частичные разрушения оперения или крыла, повышаются требования к системам управления из-за резкого снижения устойчивости и управляемости.

Избыточность аэродинамических управляемых поверхностей, наличие силовых органов управления позволяют сохранить управляемость и устойчивость ЛА за счёт управляемой реконфигурации системы управления. Учитывая, что на реакцию либо экипажей, либо систем автоматического управления отводятся жесткие лимиты по времени, необходимо не только повышать уровень надёжности, но и применять новые законы управления. Одним из направлений в реализации процессов реконфигурации является применение адаптивных законов управления. Несмотря на определённые успехи в решении проблемы реконфигурации в последнее десятилетие, данная проблема или область ещё не готова к решению прикладных задач, характерных для ЛА. Один из серьёзных факторов, сдерживающих решение этой проблемы, заключается в том, что требуется обеспечивать функционирование в условиях как структурной, так и параметрической неопределённости.

Критически важным здесь является задача разработки адаптивной системы управления нелинейными динамическими объектами в условиях существенных, разнородных неопределённостей. Автор в качестве направления решения предложил использовать адаптивные системы управления на основе разработанного им класса полуэмпирических нейросетевых моделей. Для повышения эффективности процесса адаптации одним из направлений является подход, основанный на введении в состав аппаратно-программной и информационной из-

Вх. № 5 12 2016

быточности, что в конечном итоге позволит выполнять реконфигурацию с момента восстановления состояния системы управления. Реализация такого подхода требует как обоснования и разработки самой методологии использования программных средств в целях повышения эффективности системы управления, так и разработки самих методов, моделей и программного обеспечения, позволяющих минимизировать потребные вычислительные ресурсы.

В диссертационной работе ТЮМЕНЦЕВА Юрия Владимировича нашли должное отражение все эти проблемные задачи, направленные на создание адаптивных систем управления пилотируемых и беспилотных ЛА, позволяющие повысить их эффективность. Всё это делает диссертационную работу не только достаточно актуальной, но и нужной для дальнейшего развития российской авиации.

Объект, предмет и рамки исследования определены автором в целом правильно, цель исследования и научная задача сформулированы достаточно корректно.

В процессе решения научной задачи исследования автором получены следующие **научные результаты**.

1. Алгоритмы формирования полуэмпирических нейросетевых моделей как одного из классов моделей типа «серый ящик» на основе теоретического знания (в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений или дифференциально-алгебраических уравнений) об объекте управления и экспериментальных данных о его поведении. Предложенные алгоритмы предусматривают структурную перестройку и параметрическую настройку формируемой модели.
2. Нейросетевой подход к обеспечению адаптивности динамических систем (ДС) за счет как закона управления, так и модели самой ДС, на основе ансамблевой архитектуры используемых нейронных сетей и использования инкрементного обучения этих сетей. Совмещение нейроконтроллера и нейросетевой модели объекта с предварительной идентификацией параметров позволяет представить управление в виде суммы программного управления и управления относительно заданной траектории.
3. Унифицированное структурное описание нейросетевых моделей, обеспечивающее единообразное представление всех видов статических и динамических сетей, позволяющее автоматизировать процесс синтеза нейросетевых моделей.
4. Результаты научно-прикладных исследований, связанных с разработкой имитационной модели функционирования адаптивной системы управления летательными аппаратами.

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов обусловлена использованием выбранных методов исследования, соответствием их предмету и задачам работы, совпадением некоторых результатов, по-

лученных в диссертации, с результатами известных исследований, большим объёмом моделирования.

Практическая значимость работы определяется тем, что разработанные методы и средства позволяют повысить не только технологическую эффективность процесса функционирования систем управления движением ЛА в условиях параметрической неопределённости, но и повысить уровень адаптации систем автоматического управления. Адаптация достигается за счёт применения нейросетевых моделей. Предложенные методы и алгоритмы представления динамических процессов пилотирования ЛА в виде их графического отображения позволяют на качественном уровне уменьшить время задержки в обнаружении инструктором ошибок экипажа.

Полученные в диссертационном исследовании результаты найдут свое применение при разработке перспективных систем адаптивного управления на основе нейросетевого подхода для летательных аппаратов последующих поколений.

Основные научные результаты диссертации достаточно широко опубликованы и апробированы. Диссертант не ограничился тем минимальным кругом публикаций во внутренних и ближайших к нему изданиях, который явился бы достаточным для защиты диссертации, а значительно его расширил за счет участия в международных и всероссийских конференциях, семинарах и научных чтениях.

Диссертация обладает достаточным внутренним единством, все ее положения и выводы аргументированы и критически оценены по сравнению с ранее достигнутыми и опубликованными результатами.

Автореферат соответствует содержанию и выводам диссертации и позволяет получить достаточно полное о них представление.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями к работам, направляемым в печать, написана грамотно, литературным языком.

К замечаниям и недостаткам работы можно отнести следующие.

1. В диссертации недостаточно четко сформулирована проблема, решению которой она посвящена. Вследствие этого достаточно сложно за полученными результатами увидеть единую проблему. Моделирование адаптивных систем управления, что внесено в название темы диссертации, также не отражает ни содержание диссертации, ни решаемую проблему.
2. Предлагаемые адаптивные алгоритмы управления, сочетающие в себе совокупность различных известных подходов с НС-моделированием, проработаны недостаточно глубоко. Отсутствуют как области параметрической неопределённости их применения, так и сравнительный анализ целесообразности использования какого-то конкретного метода адаптивного управления.
3. Изложенный НС-подход к моделированию движения ЛА с адаптивным управлением представляет собой скрытую форму идентификации и сравнивать одни результаты моделирования с другими, полученными,

по так называемым, «плохим» моделям не совсем корректно.

4. Реконфигурация системы управления на основе идентификации предполагает наличие определённого временного интервала, в течение которого достигается сходимость процесса идентификации. Не оговорено время обучения нейросети при различных отказах и повреждениях, ни время развития аварийной ситуации, при которой любое управление не способно ликвидировать возникшую деградацию.

Указанные замечания и недостатки несколько снижают общий прикладной уровень диссертации, но не уменьшают её научную значимость и ценность работы в целом.

Вывод: диссертация ТЮМЕНЦЕВА Ю. В. представляет собой завершённую научно-исследовательскую квалификационную работу, содержащую новое решение важной научно-технической задачи, состоящей в разработке методов, моделей и средств повышения эффективности адаптивного управления динамическими системами на основе нейросетевой технологии. Работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям. Автор диссертации, 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)».

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор



В.П. Харьков

« 5 » декабря 2016 г.

Подпись официального оппонента доктора технических наук, профессора Харькова Виталия Петровича заверяю.

Начальник отдела по работе с личным составом




О.Ю.Максимова

« 5 » декабря 2016 г.