

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.317.2

Желудевич
Константин Юрьевич

АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

Научный руководитель
Михневич Светлана Юрьевна
кандидат физико-математических наук, доцент

Минск 2016

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Применяемые в настоящее время в системах контроля при огневых испытаниях жидкостных ракетных двигателей контактные средства регистрации информативных параметров в ряде случаев не обеспечивают необходимый уровень быстродействия и достоверности. Кроме того, такие задачи, как ранняя диагностика процессов разгара внутри газового тракта, контроль динамики и оптимального режима процесса горения, не решаются контактными методами и техническими средствами. В виду перечисленных выше причин все чаще находят применение бесконтактные методы контроля. Особый интерес представляет комплексное использование методов контроля, которое позволяет гарантировать максимальную эффективность превентивных мер относительно различных нежелательных процессов и дефектов. Однако при увеличении числа используемых методов контроля, обработка результатов последних становится возможной лишь с помощью алгоритмов обработки информации, в силу того, что не все взаимосвязи между различными физическими параметрами могут быть очевидны и интерпретированы, а значит сильно усложняется формализация задачи прогнозирования нештатных режимов работы жидкостных ракетных двигателей.

В данной работе предлагается, в частности, используя данные полученные в ходе испытаний жидкостных ракетных двигателей создать эвристическую модель – модель не имеющую строгого обоснования и построенную на данных, которые не дают исчерпывающего описания исследуемой системы, но, тем не менее, дающую приемлемое решение задачи в большинстве практически значимых случаев. Таким образом делая упор на обработку информации, полученной с различного рода датчиков, можно абстрагироваться от физической подоплеки процессов происходящих при работе жидкостных ракетных двигателей. В качестве такой эвристической модели представляется возможным использовать искусственные нейронные сети, одним из практических приложений которых является экспериментальный подход к моделированию процессов с неизвестными параметрами.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Тема диссертационной работы соответствует подразделам НИР проводимых в рамках договора № 92 научно-технической программы Союзного государства «Разработка космических и наземных средств обеспечения

потребителей России и Беларуси информацией дистанционного зондирования Земли» («Мониторинг-СГ») на 2013-2017 гг.

Работа выполнялась в Институте физики НАН Беларуси совместно с Московским государственным техническим университетом имени Н.Э Баумана.

Цели и задачи исследования

Цель диссертационной работы состоит в разработке методов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих повысить качество прогнозирования бесконтактными методами контроля аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей, используя искусственные нейронные сети.

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

- проведен анализ состояния проблемы прогнозирования аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей, применения искусственных нейронных сетей в решении задач моделирования динамических систем, контроля и прогнозирования.

- проведено компьютерное моделирование с использованием специализированного программного обеспечения, что позволило произвести предварительную оценку качества решения задачи прогнозирования аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей с помощью искусственных нейронных сетей, подобрать их оптимальную архитектуру.

- произведена разработка модифицированных методов и алгоритмов, а также программного обеспечения, позволяющих повысить качество решения задач моделирования динамических систем, контроля и прогнозирования.

Положения выносимые на защиту

- 1 Прогнозирование бесконтактными методами контроля аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей с использованием искусственных нейронных сетей.

- 2 Оптимальные архитектуры искусственных для решения задач моделирования динамических систем, контроля и прогнозирования.

- 3 Методы и алгоритмы, позволяющие повысить качество решения частных задач моделирования динамических систем и прогнозирования.

Личный вклад соискателя степени магистра техники и технологии

Основные результаты и положения диссертации, выносимые на защиту, разработаны и получены лично автором. Так же автор, совместно с

сотрудниками лаборатории оптоэлектронных и магнитных измерений Института физики НАН Беларуси, принимал участие в разработке программно-аппаратного комплекса, который предназначен для регистрации параметров процессов разгара теплонапряженных элементов конструкции жидкостных ракетных двигателей методами бесконтактного определения характеристик газовых потоков. С помощью указанного выше программно-аппаратного комплекса получены результаты огневых испытаний модельного жидкостного ракетного двигателя, которые в последствии были использованы в процессе работы над диссертацией.

Опубликование результатов диссертации

По результатам исследований, представленных в диссертации, опубликованы 4 научные работы: 3 статьи в сборниках научных трудов, материалов конференций и семинаров; 1 тезис доклада.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении обоснована актуальность рассматриваемой проблемы, сформулированы цель и задачи исследований.

В первой главе проведен анализ состояния проблемы прогнозирования аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей, а также представлен обзор возможностей класса таких моделей, как искусственные нейронные сети.

Проводится обзор выполненные ранее исследований методов диагностики узлов и агрегатов жидкостных ракетных двигателей за рубежом и в СНГ, которые показали, что для решения таких задач могут найти применение современные бесконтактные электрофизические и оптические методы и средства контроля.

Кратко рассмотрены основные методы бесконтактной диагностики ЖРД:

- спектрофотометрический;
- электрофизический;
- акустический;
- вибрационный;
- температурный.

Первые два метода рассмотрены более подробно, т.к. представляются наиболее специфическими с одной стороны и перспективными, в задачах бесконтактного контроля состояния жидкостных ракетных двигателей. Последние же три метода бесконтактного контроля специфическими не являются, имеют широкое распространение в промышленности, освещены в со-

ответствующей литературе.

Опираясь на литературные источники показано, что применение нейросетевых моделей позволяет отойти от фиксированного порога и от аналитической модели, что может уменьшить вероятность ложных срабатываний. Приводятся недостатки искусственных нейронных сетей, к которым, безусловно, относятся отсутствие методики определения структуры сети, количества нейронов в скрытом слое и параметров активационной функции, а также трудоемкость обучения искусственных нейронных сетей. Освещены и доводы к использованию нейросетевого аппарата – нейронные сети просто адаптируются к изменяющимся условиям окружающей среды и менее требовательны к точности априорной информации о характере сигналов и величине дефекта.

Во второй главе предлагается для проведения компьютерного моделирования экспертная система, которая основана на искусственной нейронной сети. Освещены основные концепции, более подробно рассмотрены их наиболее предпочтительные для задачи прогнозирования и моделирования динамических систем архитектуры: распределенные сети прямого распространения с задержкой по времени и рекуррентные сети на примере архитектур *TLFN* и *NARX* соответственно. Так же показан алгоритм Левенберга-Маквардта для обучения указанных выше искусственных нейронных сетей.

В заключение главы уделяется внимание некоторым практическим вопросам использования искусственных нейронных сетей, которые могут увеличить эффективность использования последних.

В третьей главе представлена экспериментальная установка для огневых испытаний жидкостных ракетных двигателей, результаты компьютерного моделирования разрабатываемой экспертной системы.

Для подбора оптимальной архитектуры искусственной нейронной сети предлагается сначала определить размерность лагового пространства результатов измерений, которые являются входными данными экспертной системы. Далее с помощью Neural Network Toolbox (пакета расширения пакета прикладных программ MATLAB) проводится предварительная оценка качества решения задачи прогнозирования искусственными нейронными сетями на базе которых планируется создавать экспертную систему, подбираются их оптимальные архитектуры.

В последствии приводятся результаты компьютерного моделирования экспертной системы на базе искусственных нейронных сетей с некоторыми усовершенствованиями, позволяющими повысить качество решения поставленных задач.

В заключении обобщены результаты эффективности решения поставлен-

ных задач разработанной экспертной системой. Приводятся рекомендации по практическому использованию результатов.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1 С.А. Гришин, К.Ю. Желудевич Установка автоматического поиска и исследования источников акустических сигналов энергетических установок. – Материалы международной научно-технической конференции «Измерение, контроль, информатизация 2015» Бранаул, Россия, 12 мая 2015г.

2 С.А. Гришин, К.Ю. Желудевич, В.А. Селянтьев Система пространственного сканирования электромагнитных полей. – Сборник научных трудов V конгресса физиков Беларуси (27-30 октября 2015г.), Минск: Ковчег, 2015 – с.241-242.

3 С.А. Гришин, К.Ю. Желудевич Система автоматического поиска и исследования источников электромагнитных полей энергетических и силовых установок. – Материалы международной конференции молодых ученых «МОЛОДЕЖЬ В НАУКЕ – 2015» Минск, Беларусь, 1-4 декабря 2015г.

4 К.Ю. Желудевич Применение искусственных нейронных сетей в задачах прогнозирования аварийных режимов работы жидкостных ракетных двигателей. – Материалы международной научно-технической конференции «Интеллектуальные системы, управление и мехатроника 2016» Севастополь, Россия, 19-21 мая 2016г.