

Автоматизированная система диагностики авиационных силовых установок

Легконогих Д.С.

к.т.н., Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

Аннотация

В работе рассматривается типовая автоматизированная система контроля и диагностирования авиационных силовых установок и, в частности, газотурбинных двигателей. В целях повышения эффективности таких систем предложено использование математического аппарата искусственных нейронных сетей как мощного средства обработки интенсивного потока данных, идентификации сложных технических систем, классификации и распознавания образов.

Ключевые слова: авиационная техника; система диагностики; силовая установка; искусственные нейронные сети; газотурбинный двигатель.

Введение

В условиях интенсивного переход от стратегии эксплуатации авиационной техники «по ресурсу» к эксплуатации «по состоянию» требуется особенно пристальное внимание уделять своевременной и достоверной оценке технического состояния (ТС) воздушных судов и их силовых установок, основными элементами которых являются газотурбинные двигатели (ГТД).

Системы оценки ТС эксплуатирующихся в настоящее время ГТД 4-го поколения включают автоматизированные бортовые системы контроля и ограничения параметров, реализующие метод допускового контроля параметров, (т.е. выдающие сигнал о превышении (понижении) значений некоторых параметров выше (ниже) допустимого уровня либо в случае отказов агрегатов), а также наземную аппаратуру, позволяющую проводить анализ накопленной информации, распознавать наличие опасного тренда параметров и осуществлять прогнозирование параметров ГТД [1]. Полноценное же диагностирование ТС авиационных ГТД с выявлением причин и локализацией отказов возможно, как правило, только с привлечением опытного инженерно-технического состава, проведением тщательного анализа зарегистрированной при работе ГТД информации и требует значительных временных ресурсов.

Особенности авиационных ГТД, как сложных технических систем с существенно нелинейными характеристиками, обусловлены многопараметричностью, многосвязностью, нелинейностью протекающих в них процессов, многорежимностью применения. Поэтому оценка их ТС непосредственно в полете в режиме реального времени с применением традиционных математических аппаратов (регрессионные модели, динамические модели на основе систем дифференциальных уравнений) требует значительных машинных и временных ресурсов.

Решение задачи диагностирования авиационного ГТД показано на примере возникновения в полете отказа «повышенная вибрация двигателя». На рисунке 1 приведена сигналограмма полета по данным системы объективного контроля самолета военного назначения, в состав силовой установки которого входят два турбореактивных двухконтурных двигателя с форсажными камерами сгорания. В верхней части показано изменение приведенных частот вращения роторов высокого давления левого и правого двигателей (в процентах) в течение выбранного этапа полета. В нижней части показан уровень виброскорости корпусов ГТД (в мм/сек). И хотя для обоих двигателей изменение вибрации на качественном уровне повторяет изменение оборотов, количественно виброскорость правого двигателя значительно превосходит аналогичный параметр левого. При этом для данного типа ГТД регистрируется повышенный уровень виброскорости при достижении значения 50 мм/с, о чем в течение полета летчику неоднократно выдавались разовые команды.

Анализ записей средств объективного полета показал, что первая разовая команда о превышении вибрации правого двигателя зафиксирована на 1290 секунде полета, что также видно и из сигнало-

граммы. В итоге штатная бортовая система контроля параметров ГТД только информирует экипаж об уже случившемся факте отказа, не давая возможности предотвратить его.

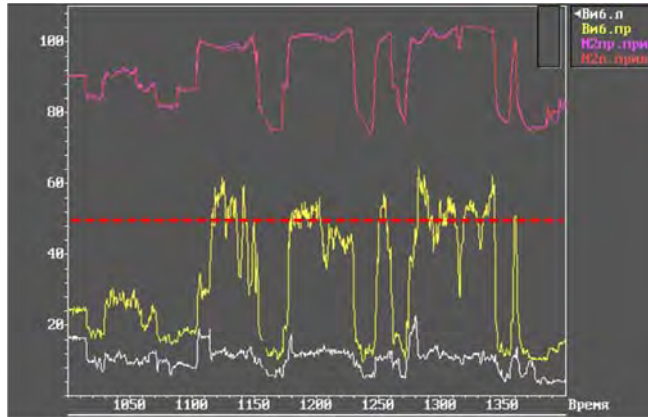
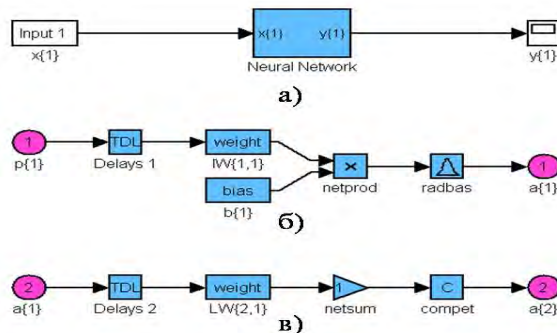


Рис. 1. Сигналограмма приведенных частот вращения роторов высокого давления и виброскорости корпусов ГТД в полете

Таким образом, существует проблема создания новых интеллектуальных автоматизированных систем оценки ТС ГТД, способных эффективно распознавать зарождающиеся отказы, прогнозировать их развитие хотя бы на время, достаточное для безопасного завершения полета, и совместно с системами автоматического управления минимизировать их влияние на работоспособность ГТД либо своевременно информировать экипаж.

Перечисленные задачи могут быть эффективно решены с помощью искусственных нейронных сетей (ИНС) – мощного метода имитации процессов и явлений, позволяющего воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости и преодолеть «проклятие размерности» при обработке большого числа переменных. ИНС, состоящие из действующих параллельно простых элементов (нейронов), основаны на простой биологической модели нервной системы человека и могут выполнять функции, которые являются трудными как для традиционных компьютеров, так и для человека. Результаты проведенных ранее исследований свидетельствуют о том, что вычислительные системы, построенные на нейросетевых алгоритмах, значительно превосходят существующие компьютеры по критерию «эффективность-стоимость» [2]. Для создания эффективной системы контроля параметров ГТД подойдут нейронные сети PNN (*Probabilistic Neural Networks*), являющиеся разновидностью радиальных базисных сетей и предназначенных для решения вероятностных задач и, в частности, задач классификации. Архитектура сети PNN включает первый радиальный базисный и второй конкурирующий слой, который подсчитывает вероятность принадлежности входного вектора к тому или иному классу и в конечном счете сопоставляет вектор с тем классом, вероятность принадлежности к которому выше [3]. Модель нейронной сети PNN, построенная в среде MATLAB Simulink, представлена на рис. 2.



а) – общий вид, б) – первый слой, в) – второй слой

Рис. 2. Модель вероятностной ИНС Probabilistic Neural Networks, построенная в среде MATLAB Simulink

В результате своей работы обученная ИНС разбила все поданные на ее входы значения виброскорости на 3 области (рис. 3), соответствующие исправному (область 1), неисправному (область 2) и неопределенному состояниям, где сложно выполнить разделение значений параметров ввиду их взаимного перекрытия (область 3). Предложенная ИНС, интегрированная в систему контроля ГТД, способна в режиме реального времени соотносить значение контролируемого параметра (виброскорости) с одной из областей и в случае его попадания в область неисправного состояния – выдавать сигнал о зарождающейся неисправности. Эта информация (в зависимости от степени опасности) может выдаваться экипажу для своевременного принятия правильного решения либо в систему автоматического управления ГТД и силовой установкой в целом. Структурно-логическая схема такой системы представлена на рисунке 4.

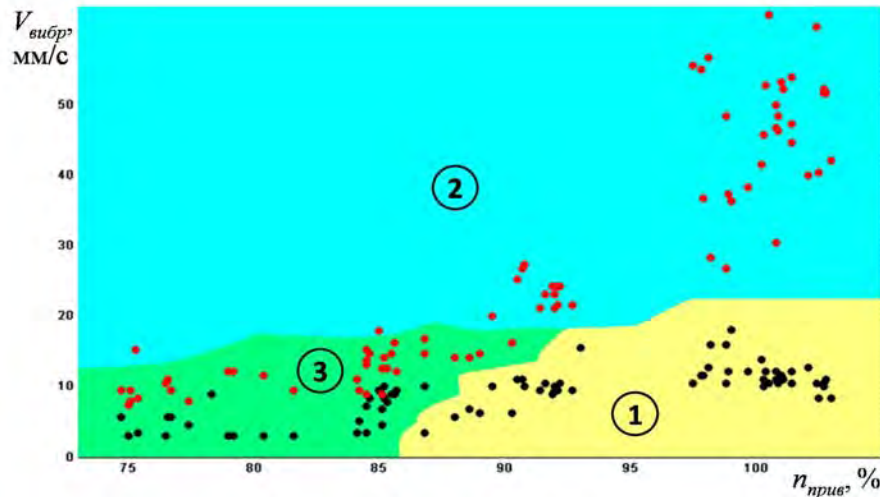


Рис. 3. Результат работы ИНС по классификации состояний ГТД

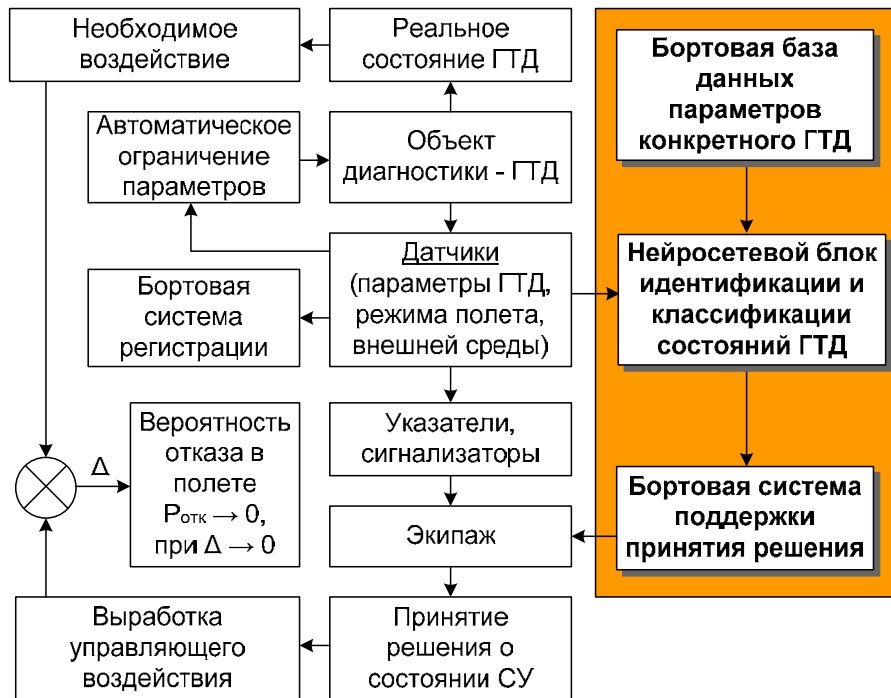


Рис.4. Структурно-логическая схема бортовой автоматизированной системы контроля и диагностики ГТД

Заключение

Таким образом, анализ систем контроля параметров эксплуатирующихся в настоящее время ГТД военного назначения 4-го поколения позволяет сделать вывод об их недостаточной эффективности при переходе на эксплуатацию «по состоянию». Существует необходимость совершенствования систем контроля и технической диагностики авиационных силовых установок, а преимущества ИНС, как математического аппарата обработки данных, позволяют говорить о целесообразности их применения в таких системах.

Моделирование продемонстрировало в целом высокие возможности ИНС по идентификации технического состояния ГТД, в частности, контроля параметров ГТД еще до выхода их значений за пределы допустимых. Применение такой системы на борту воздушного судна, в отличие от существующей системы контроля параметров, позволит осуществлять своевременное техническое диагностирование ГТД в полете в режиме реального времени и уже на ранних этапах распознать отказ и проинформировать об этом экипаж (либо инженерно-технический состав при опробовании ГТД на земле), что явится залогом правильности принятия решения о возможности использования всего потенциала ГТД и повлечет повышение уровня безопасности полетов.

Литература

1. Новиков А.С., Пайкин А.Г., Сиротин Н.Н. Контроль и диагностика технического состояния газотурбинных двигателей. М.: Наука. 2007. 469 с.
2. Баранов С.И., Валеев С.С., Васильев В.И. Нейрокомпьютеры в авиации. М.: Радиотехника. 1997. 496 с.
3. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. MATLAB 6. М.: «ДИАЛОГ-МИФИ». 2002. 496 с.

Для цитирования:

Legkonogih D.S. Автоматизированная система диагностики авиационных силовых установок // i-methods. 2011. Т. 3. № 1. С. 8–11.

Automated system of diagnostics of aircraft power plants

Legkonogih D.S.

Ph.D., Military educational scientific center air force
"Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin", Voronezh

Abstract

This paper considers a model automated system for monitoring and diagnostics of aircraft power plants and, in particular, gas turbine engines (GTE). In order to improve the efficiency of such systems proposed the use of mathematical apparatus of artificial neural networks (ANN) as a powerful means of processing intense data flow, identification of complex technical systems, classification and pattern recognition.

Keywords: aviation technology; diagnostics; power point; artificial neural network; gas turbine engine.

References

1. Novikov A.S., Paikin A.G., Sirotin N.N. Control and diagnostics of technical condition of gas turbine engines. Moscow: Nauka. 2007. 469 p.
2. Baranov, S.I., Valeyev S.S., Vasiliev V.I. Neurocomputers in aviation. M.: Radio Engineering. 1997. 496 p.
3. Medvedev V.S., Potemkin V.G. Neural networks. MATLAB 6. M.: "DIALOG-MIFI". 2002. 496 p.

For citation:

Legkonogih D.S. Automated system diagnostics aircraft power plants // i-methods. 2011. Vol. 3. No. 1. Pp. 8–11.