

УДК 629.7

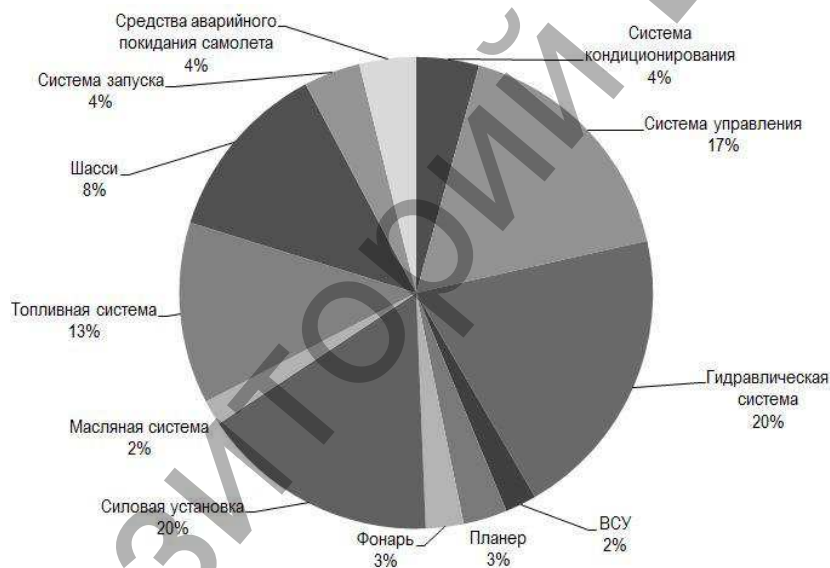
## ДИАГНОСТИКА ВРАЩАЮЩИХСЯ ЧАСТЕЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ДАННЫХ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ

**Корсун Д. А.**

Военная академия Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь  
 Научный руководитель: Шейников А. А., канд. техн. наук, доцент

Надежность работы авиационного двигателя (АД) во многом определяет безопасность полета летательного аппарата (ЛА). Двигатели ЛА не имеют резервированных деталей и узлов, и, соответственно, разрушение любого основного элемента двигателя (лопаток, камеры сгорания, опоры двигателя, подшипников и др.) ведет к потере его работоспособности, и как следствие, к авиационным инцидентам.

Анализ надежности, проведенный в авиационных частях, показывает, что отказы силовых установок ЛА составляют 20 % от общего числа отказов систем С(В)Д (рисунок 1).



**Рисунок 1 – Статистика отказов систем С(В)Д**

Надежная работа АД обеспечивается целым комплексом мероприятий, среди которых важное место отводится диагностике технического состояния. В условиях авиационных частей техническая диагностика проводится силами инженерно-технического состава технико-эксплуатационных частей (ТЭЧ) с использованием контрольно-проверочной аппаратуры (КПА). Однако КПА, находящаяся на вооружении, не позволяет в автоматизированном режиме определять отказы АД. К примеру, на самолетах 3-го поколения такой диагностический признак, как «выбег роторов», определяется вручную, путем замера времени выбега роторов с помощью секундомера, что очень неудобно с точки зрения автоматизации и накопления статистики. Хотя, в свою очередь, по статистике «выбега роторов» можно выявить тенденцию развития неисправности важных узлов АД (подшипники роторов, лопатки турбины и компрессора), прогнозировать износ опор. В целях точного измерения времени выбега роторов предлагается автоматизировать данный процесс.

Эту задачу возможно решить путем дополнительного анализа данных объективного контроля и использованием нейросетевых технологий. Использование нейронных сетей (НС) при диагностировании технического состояния АД по признаку «выбег роторов» включает в себя следующие этапы: анализ и обоснование входных данных; предварительная обработка входных данных; выбор архитектуры и структуры НС; обучение НС; оценка эффективности.

Длительность выбега роторов – временной интервал самовращения двигателя после его выключения. Определяется после останова двигателя до снижения частоты вращения каждого из роторов до значения, установленного в технической документации для конкретного типа АД. Так же из физики остывания твердого тела известно, что изменение температуры имеет вид гиперболы. Следовательно, входными данными для диагностирования технического состояния АД по признаку «выбег роторов» являются термогазодинамические параметры работающего двигателя – давление, температура, расход рабочих тел (воздуха, топливного газа), частота вращения роторов.

Информация о ключевых параметрах во время полета и при проведении газовок АД в ТЭЧ записывается в бортовые устройства регистрации (БУР) полетной информации. В таблице 1 представлены исходные данные, необходимые для оценки времени выбега роторов АД.

Таблица 1 – Исходные данные для оценки времени выбега роторов АД

Наименование параметра	Условное обозначение
Температура газов за турбиной двигателя	$T_4$
Частота вращения РНД двигателя	$N_{РНД}$
Частота вращения РВД двигателя	$N_{РВД}$
Положение ручки управления двигателя	$\delta_{руд}$

Считывание и оперативная обработка полетной информации осуществляется с помощью наземных устройств обработки (НОУ) (рисунок 2).

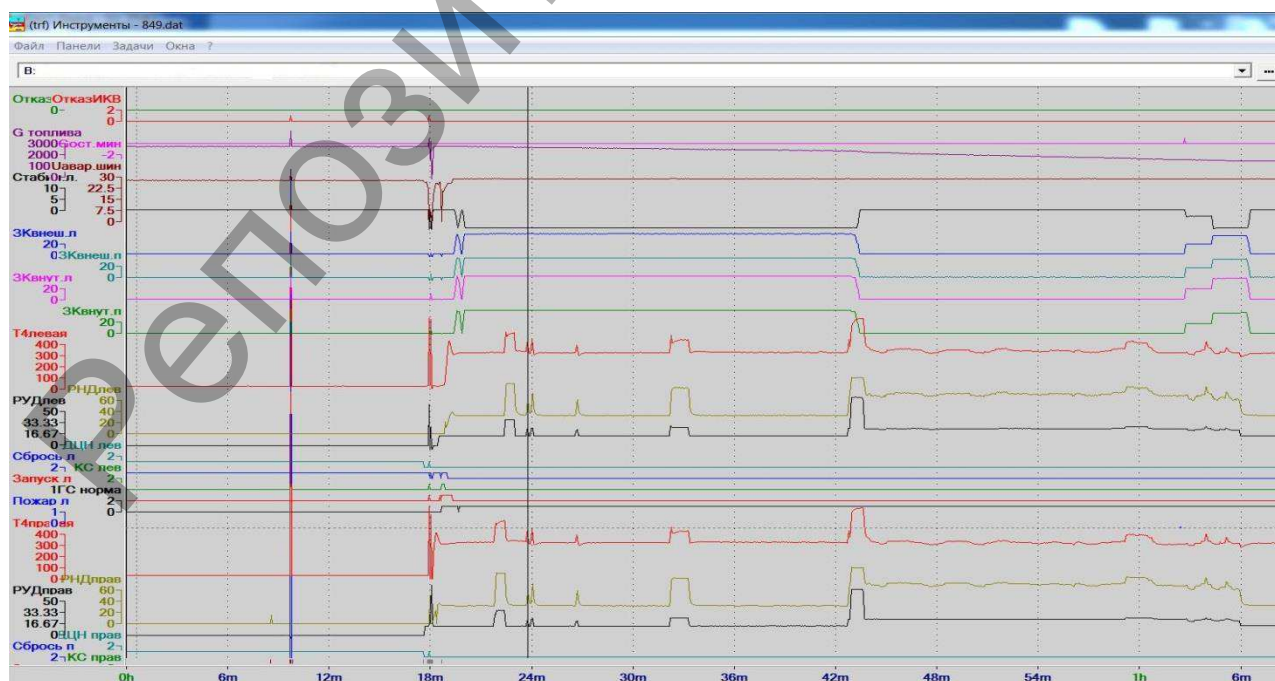


Рисунок 2 – Отображение полетной информации в НОУ

Предварительная обработка входных данных позволяет значительно повысить скорость сходимости алгоритма обучения НС, что в свою очередь снижает ошибку обучения [1]. НС представляет собой обучаемую нелинейную систему (рисунок 3).

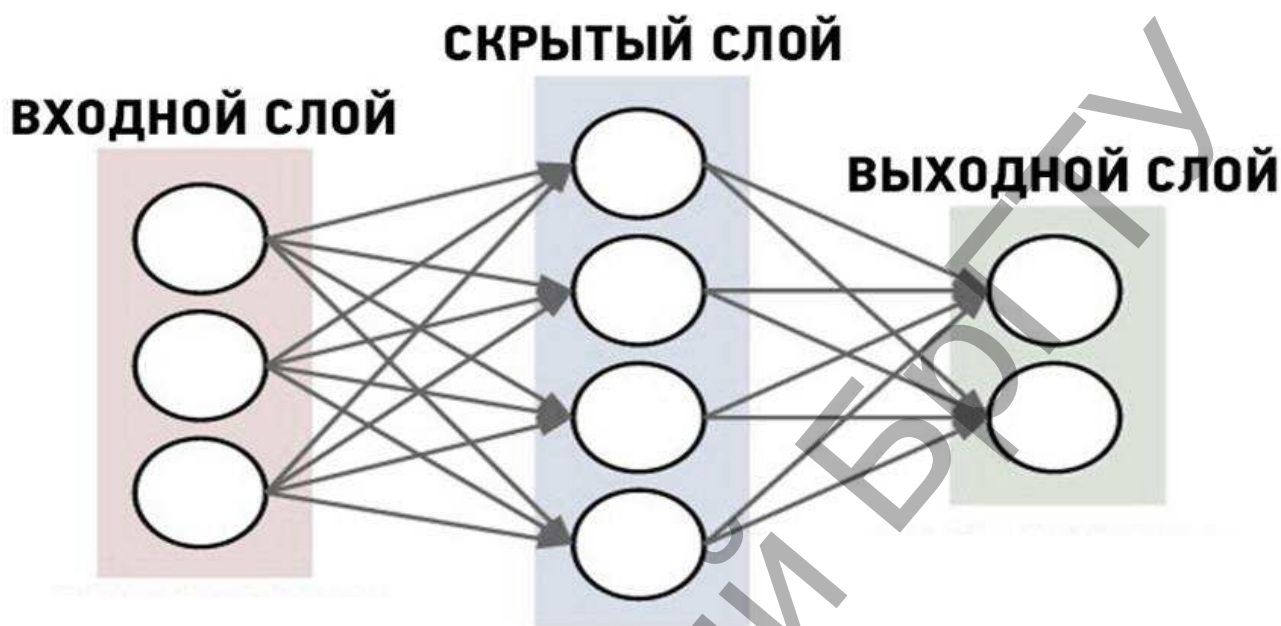


Рисунок 3 – Базовая структура НС

При росте числа разнообразных комбинаций входных параметров в результате накопления статистической информации ошибка обучения НС уменьшается по экспоненциальному закону, что обеспечивает более четкое разделение выходных множеств («время выбега ротора соответствует ТУ», «время выбега ротора не соответствует ТУ»).

В настоящее время создано большое количество НС с различными алгоритмами. Выбор наиболее подходящей сети для определения технического состояния АД по параметру «выбег роторов» осуществляется при помощи системы MATLAB с пакетом расширения «Neural Network Toolbox».

При обучении сети топология НС в основном считается неизменной, а настройке подлежат веса связей между нейронами. Выбор метода обучения зависит типа решаемых задач НС. При постановке задачи для обучения НС исходят из того, что система диагностики должна выбирать один из предполагаемых диагнозов из заданного набора на основе параметров АД, по которым производится оценка его технического состояния.

Таким образом, применение нейросетевых технологий и использование данных объективного контроля позволяет проводить оценку выбега роторов АД в автоматизированном режиме без изменения конструкции двигателя и внедрения дополнительных средств диагностирования. Достоинством использования данных объективного контроля является то, что интересующие нас параметры регистрируются в каждом полете. Это позволяет накапливать статистическую информацию.

#### Список цитированных источников

1. Царегородцев, В.Г. Оптимизация предобработки данных: константа Липшица обучающей выборки и свойства обученных НС / В.Г. Царегородцев // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2003.