

В наши дни практически каждую неделю средства массовой информации сообщают нам о гибели воздушных судов. Скорбный список с ужасающей регулярностью пополняется самолетами и вертолетами с десятками и сотнями пассажиров на борту. Далее следуют расследования, поиски "черных ящиков", выявления причин аварий...

Но принимаются ли какие-либо меры, чтобы предупредить отказы сложной техники, предотвратить гибель людей? Какие мероприятия проводятся с целью повышения надежности и безопасности эксплуатации авиационной техники? Специалисты ИПУ РАН попытались собрать информацию о существующих аппаратно-программных средствах, позволяющих проводить диагностику и принимать решение о пригодности авиационной техники.

## Мероприятия по повышению уровня безопасности авиационной техники

С.А. Шилин (ИПУ РАН)

*Приводится краткий обзор отечественных программно-технических средств, предназначенных для проведения профилактических и диагностических мероприятий с целью повышения надежности и безопасности авиационных систем воздушных судов.*

В настоящее время все более актуальным становится проведение профилактических мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности авиационных систем воздушных судов, с целью сокращения числа авиационных происшествий. В связи с этим Федеральной службой воздушного транспорта России издан приказ №28 от 10 августа 1999 г. "О совершенствовании организации работ по сбору и обработке полетной информации". В связи с этим рассмотрим существующие на данный момент или находящиеся на стадии разработки программно-технические средства по:

- а) сбору и обработке бортовой информации;
- б) диагностированию отказов авиационных агрегатов;
- в) экспертной оценке технического состояния авиационной техники;
- г) разработке алгоритмов оценки технического состояния воздушного судна и качества его эксплуатации.

### Технические средства сбора и обработки бортовой информации

Сбор и обработка бортовой информации проводится для обеспечения контроля над бортовым оборудованием и предполагает привлечение специальных технических средств. Это, прежде всего комплексы регистрации и обработки полетной информации. В частности:

- а) информационно-измерительные комплексы, обеспечивающие информационное взаимодействие между ДП и летательными аппаратами [1];
- б) интегрированный наземно-бортовой комплекс "КАРАТ", обеспечивающий прием, обработку, регистрацию и хранение полетной информации (<http://www.gosniias.msk.ru>);
- в) система "АНАЛИЗ Д-30КУ-154", позволяющая автоматизировать оценку технического состояния систем двигателя и выявить причины отказов, обеспечив тем самым безопасность полетов за счет обнаружения неисправностей на ранних стадиях, контролировать соблюдение эксплуатационных ограничений со стороны экипажа, вести учет наработки двигателей на отказ ([www.orc.ru](http://www.orc.ru));

г) система "ТОПАЗ", обеспечивающая обработку полетной информации, поступающей от бортовых накопителей и наземный программно-аппаратный комплекс обработки и анализа полетной информации "ТОПАЗ-М", позволяющий повысить достоверность полетных данных за счет резкого сокращения числа сбоев на носителе, а также исключить проведение регламентно-профилактических работ (<http://www.topazlab.ru>);

д) комплекс "ЭНАТ 3-154", обеспечивающий сбор, накопление и хранение информации о степени надежности и отклонениях от нормативного уровня, о старении и износе элементов технических систем по статистике причин отказов, а также позволяющий принять решение по объему и периодичности предупредительных и восстановительных работ ([www.aviapromgama.ru/journal/1999\\_6/16.НТМ](http://www.aviapromgama.ru/journal/1999_6/16.НТМ));

е) лазерный локализатор для бортовой автоматизированной системы посадки, разработанный в целях повышения безопасности полетов, обеспечивающий поиск, обнаружение, автосопровождение слабо оборудованной взлетно-посадочной полосы и вычисление координат летательного аппарата относительно точки посадки, своевременное обнаружение и распознавание препятствий на полосе и в воздухе по курсу полета, высокоточное измерение малых высот (<http://www.gosniias.msk.ru>).

Для регистрации отказов бортового оборудования, а также для послеполетного анализа параметров полета летательных аппаратов и действий летных экипажей созданы бортовые устройства регистрации полетных данных ([www.electropribor.spb.ru](http://www.electropribor.spb.ru)).

### Технические средства диагностирования авиационных систем

В целях сокращения числа аварийных ситуаций, планирования объема профилактических и ремонтных работ, сроков их выполнения, улучшения контроля состояния авиационных агрегатов активно ведется разработка технических средств диагностики. Разработана система "ЛУЧ-ТН-01", включающая БД полетной информации и результатов диагностирования, и осуществляющая диагностику технического состояния по обучающим алгоритмам, анализ ком-

плексных параметров, прогнозирование технического состояния узлов и оценку остаточного ресурса, оценку эффективности диагностирования ([www.ciam.ru/main/struc/004/mmm/parametr.htm](http://www.ciam.ru/main/struc/004/mmm/parametr.htm)).

Для диагностики технического состояния авиационных двигателей разработан и используется автоматизированный диагностический комплекс "ПРИЗМА" ([www.analizator.ru](http://www.analizator.ru)). Комплекс предназначен для экспрессного определения элементного состава частиц износа, содержащихся в маслах, смазках и рабочих жидкостях. Элементный состав частиц износа несет информацию о техническом состоянии поверхностей трения, позволяет осуществлять контроль выработки их ресурса, следить в течение всего жизненного цикла за состоянием контролируемого узла трения и принимать решение о виде технического обслуживания.

Для контроля технического состояния силовой установки и систем самолетов СУ-27 при поиске и устранении неисправностей, проведении регламентных, регулировочных, ремонтно-восстановительных, диагностических и других работ по техническому обслуживанию без подключения дополнительной контрольно-проверочной аппаратуры разработано АРМ диагностического контроля АРМ ДК-27 (<http://elnet.ru>). Основными его функциями являются:

- проведение активного тестового контроля работоспособности автоматики двигателя и систем самолета путем форматирования и выдачи на них стимулирующих сигналов;
- обработка диагностической информации с решением широкого круга задач контроля технического состояния самолета;
- информирование оператора о результатах контроля;
- документирование результатов контроля;
- формирование, хранение и обработка БД о результатах контроля парка эксплуатируемых самолетов для решения задач диагностики и прогнозирования их технического состояния;
- ввод и накопление в базе знаний (БЗ) информации о методиках поиска и устранения неисправностей, облегчающих процесс принятия решения о проведении по результатам контроля дополнительных диагностических, регулировочных или ремонтно-восстановительных работ на самолете;
- информационный обмен с другими информационными системами, в т. ч. с наземными системами обработки полетной информации.

Система эндоскопической визуальной диагностики "ОЛИМПАС" позволяет проводить внутренний осмотр летательного аппарата через технологические отверстия без демонтажа. Предлагаются комплексы диагностики проточной части газотурбинных авиадвигателей отечественного и зарубежного производства, в частности: ПС-90А, Д-30, Д-27, GE-90 и ряд других (<http://www.eagle.xanadu.ru>).

Для технической диагностики объектов и систем различного назначения разработан портативный компьютерный диагностический комплекс ПКДК ([www.cati.ru/adiag/portativ.htm](http://www.cati.ru/adiag/portativ.htm)), позволяющий решать следующие задачи:

- многоканальное преобразование электрических и неэлектрических параметров в электрические сигналы (цифровой код);
- ввод преобразованных сигналов в ЭВМ, их предварительная обработка в РВ, формирование массивов данных;
- генерирование сигналов с заданными статическими характеристиками;
- отображение входных сигналов (в РВ) и результатов обработки на экране дисплея с помощью многооконной графики;
- автоматическое тестирование комплекса.

Для мониторинга и автоматической диагностики вращающихся узлов (рабочих колес насосов, турбин, компрессоров) разработан полный пакет программ Dream for Windows (<http://www.vibrotek.com/russian/catalog/sovtwr-r.htm>).

Для диагностики система запрашивает у пользователя спецификацию на агрегат (типоразмеры подшипников, число лопастей рабочих колес, частоту вращения). Dream формирует БД всех необходимых измерений, последовательность которых загружается в измерительный прибор в виде маршрутной схемы. После проведения первого же измерения Dream автоматически ставит диагноз технического состояния, предлагает рекомендации по обслуживанию и ремонту или выдает прогноз безопасного срока эксплуатации. После проведения нескольких измерений прогнозируется и остаточный ресурс оборудования.

#### Экспертная оценка технического состояния авиационной техники

Программно-техническими средствами автоматизации процесса диагностирования являются экспертные системы. Разработана система "ЭКСПЕРТ" для поиска утечек в трубопроводах (<http://www.encotes.ru/expert.htm>).

Результаты работы экспертной системы могут быть представлены в виде диагностических таблиц, содержащих подробную информацию о неисправностях и ремонтных мероприятиях.

Разработан ряд подходов к построению экспертных систем с нейросетевыми БЗ для решения задач диагностики и контроля устройств авиационных двигателей. В настоящее время при решении сложных задач диагностики и контроля параметров технического объекта в качестве динамических баз экспертных знаний активных экспертных систем успешно применяются гибридные ансамбли нейросетей – нейроансамбли, которые по сравнению с обычными нейросетями позволяют получить на практике дополнительные преимущества:

- декомпозиция сложного динамического объекта (его систем) на ряд простых объектов (подсистем);

*Звезды падают на землю, а аппаратно-программные средства взлетают к звездам*

Журнал "Автоматизация в промышленности"

- нейроансамбль проще перестраивается под изменяющиеся внешние условия;
- структура нейроансамбля может быть оптимизирована под конкретную задачу;
- нейроансамбли обеспечивают лучшую аппроксимацию кусочно-непрерывных функций.

Аппарат нейросетей применен для диагностики и контроля параметров гидромеханического усилителя газотурбинного двигателя на примере клапана прямого действия. Выявлено высокое качество работы алгоритма совместно с экспертной системой при решении задач контроля, диагностики и прогнозирования параметров состояния клапана, как функционального элемента гидромеханических систем летательных аппаратов и газотурбинного двигателя [2].

Ведется разработка универсальной экспертной системы "РЕСУРС" ([www.math.rsu.ru.ovtm/idalgo.ru.html](http://www.math.rsu.ru.ovtm/idalgo.ru.html)) и подходов к анализу технического состояния тонкостенных конструкций ракетно-космической и авиационной техники после длительной эксплуатации для оценки возможности продления ресурса. Существенное отличие разработанного подхода не через БЗ, а через блок решателя, в котором содержатся алгоритмы, обеспечивающие автоматическое задание пространства поиска оптимального решения, основанного на эвристическом подходе к проблеме.

**Разработка алгоритмов оценки технического состояния и качества эксплуатации**

Разработан алгоритм анализа графа, описывающего структуру диагностируемой системы, позволяющий получать множество возможных диагностических путей за минимальное число шагов и с минимальным предварительным анализом объекта диагностирования. Предложен и обоснован один из возможных подходов к проведению такого анализа. Используется представление графов матрицами простых путей и циклов с введением специальных операций над ними. На основании результатов работы предлагаемого алгоритма осуществлены процедуры построения дерева тестов и моделирования отказа одного или нескольких элементов диагностируемой системы. Представленный способ построения тестов является формальным и легко реализуется на ЭВМ. Он может быть использован, например, в задачах тестирования и диагностирования сложных технических систем [3,4].

В связи с возрастающей сложностью современных воздушных судов неуклонно повышаются требования к уровню подготовки специалистов по техническому обслуживанию. Для обучения инженерно-технического состава в настоящее время используются компьютерные мультимедийные технологии изучения авиационного оборудования. Разработаны программные продукты для изучения авиационного оборудования в плане автоматизированного обучения и тренажа инженерно-технического состава для повышения эффективности технической эксплуатации авиационного оборудования воздушного судна. Использование компьютерных мультимедийных средств обучения определяются конкретными учебными целями соответствующих этапов обучения. Так существуют:

- компьютерные мультимедийные диалоговые системы контроля знаний и обучения (<http://www.mstuca.ru/vest/gl5.htm>);
- специализированные и комплексные компьютерные мультимедийные обучающие системы;
- компьютерные мультимедийные тренажеры.

Наиболее трудно решаемая задача – создание логико-динамических моделей, обеспечивающих воспроизведение динамики функционирования объекта управления. Такие модели строятся на основе математического описания процессов, происходящих в реальном объекте в виде системы дифференциальных, алгебраических и логических уравнений. Определение параметров математической модели проводится на основе технологических характеристик оборудования и экспериментально-статистических сведений о работе объекта. На структуру и степень подробности математической модели объекта влияет ряд существенных ограничений. Основное ограничение – это необходимость реализации модели на технических средствах в РМВ, то есть имитация работы объекта управления для тренажера должна обеспечить реализацию переходных процессов в различных режимах с постоянными времени, соответствующими реальным.

**Список литературы**

1. *Shagaev I.* The Concept of dynamic safety // International safety conference. 1998.
2. *Жернаков С.В.* Применение экспертных систем с нейросетевыми базами знаний к диагностике и контролю устройств авиационных двигателей // Информационные технологии. 2000. № 12.
3. *Джанджгава Г.И., Роголев А.П.* Интеллектуальные интегрированные комплексы бортового оборудования маневренных летательных аппаратов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2000. № 8.
4. *Кирпичникова Л.Г., Матвеев Л.С.* Бортовые информационные системы обеспечения безопасности пилотируемых летательных аппаратов // там же.

*Шилин Станислав Анатольевич – канд. техн. наук, научный сотрудник лаб. 46  
Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН.  
Контактный телефон (095) 334-92-49.*