

## ОСНОВЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Широкое внедрение авиационной техники в различные отрасли экономики требует особого отношения к вопросам обеспечения эффективности и надёжности её эксплуатации [1]. Повсеместно распространённые авиационные технологии по перевозкам пассажиров и грузов позволяют связывать или объединять корпоративные и производственные коммуникации, что даёт возможность авиакомпаниям и службам технического обслуживания и ремонта (ТОиР) устранить разрыв между промышленными системами, производителями уникального оборудования и другой продукции для авиационной техники. Эффективность использования авиационной техники в этих условиях повышения надёжности её функционирования является основной областью применения технической диагностики. Теория, методы и средства повышения надёжности воздушного судна (ВС), как основного элемента транспортной системы, используются при разработке и технической реализации диагностических устройств обеспечения ТОиР и создании на их основе диагностических систем управления техническим состоянием ВС.

Таким образом, техническую диагностику (теория, методы и средства) как основу повышения надёжности и эффективности эксплуатации ВС, можно определить как совокупность идей, связанных с организацией оптимальных процедур контроля, диагностирования и оценки технического состояния систем ВС и включающих постановку проблем и задач, методов и средств, а также методы и средства технической реализации контроля и диагностирования для оценки текущего состояния и трендов параметров этой оценки.

Основным предметом исследований технической диагностики являются системы проверки технического состояния и диагностические системы управления (рис. 1).

Работы по системам контроля технического состояния удобно разделить на четыре группы: исследование объектов контроля и диагностики; теория, методы и алгоритмы построения программ контроля и диагностики, способы и средства контроля и диагностики; исследование свойств и характеристик систем в целом.



Рис. 1. Классификация направлений исследования

Эти группы охватывают основные задачи технической диагностики, возникающие в связи с эффективной организацией процессов оценки технического состояния сложных систем ВС, и требуют разработки теории для представления этих систем как объектов контроля и диагностирования, на основе реализации которых формируются параметры этой оценки.

Исследование систем ВС охватывает изучение свойств и характеристик реальных физических объектов и методы построения их математических моделей, которые составляют основу формальных методов построения программ контроля технического состояния объектов для оценки их состояния. Выделим следующие группы задач, которые решаются или должны решаться в процессе разработки и исследования математических моделей объектов контроля и диагностики: классификация моделей, разработка математических моделей неисправностей, разработка методов и алгоритмов анализа моделей, разработка методов и алгоритмов синтеза структур объектов контроля и диагностики с учётом требований технической диагностики.

Слабо исследованными или даже нерешёнными являются задачи построения моделей, учитывающих способ действия дискретного объекта (синхронный или асинхронный), переходные процессы во время изменения значений входных, внутренних выходных переменных, а также моделей блочного типа, в которых блоки являются конструктивными или функциональными компонентами объекта, что характерно для систем бортовых комплексов обслуживания ВС.

В работе для построения математической модели систем ВС исходными положениями являются следующие четыре принципа. Во-первых, для представления конкретных систем используются модули – исходные высказывания (высказывания, разложимые в рамках рассматриваемой с определённых позиций системы на другие более простые высказывания), т.е. модели систем ВС строят из множества стандартных

блоков – модулей этой системы.

В зависимости от типа и детализации модели могут быть использованы модули – высказывания или абстрактные символы  $A, B, C, \dots$ , переменными значениями которых являются истинность или ложность, из которых с помощью операции соединения, на основе введённых определенных правил строятся более сложные высказывания или функции. Все модули делятся на абстрактные и конкретные. В целом множество всех модулей  $A$  состоит из непересекающихся классов модулей  $A^\alpha$ ,  $A^\alpha \subset A$ , где  $\alpha$  – общий индекс, индекс класса модулей.

$$A = \bigcup A^\alpha. \quad (1)$$

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что модули, сходные качественно, будут относиться к одному классу, а их свойства выражаются через признаки и связи. В первом случае модулю ставится в соответствие признак  $m = m(a)$ , причём в качестве значений признака могут выступать целые числа, действительные числа, векторы и т. д. Одной из составляющих признака служит индекс класса модуля  $\alpha$  и другие составляющие, представляющие более специфическую информацию.

Второй тип свойств охватывает связи. Определённому модулю  $a$  соответствует число связей  $\ell(a)$ , которое в конкретном случае является неотрицательным числом, равным числу соединений, представляющих сумму входных и выходных связей.

При решении большинства прикладных задач технической диагностики, как правило, будут использоваться отображения множества модулей  $A$  в себя, которые не будут существенно влиять на информацию, содержащуюся в модулях. При этом множество  $K$  отображений  $k: A \rightarrow A$  образует множество преобразований подобия

Одновременно, считая модули неделимыми объектами, предполагается их разбиение на более мелкие единицы. В работе модули, как правило, определяются в некоторой среде – носителе информации. В этом случае модуль имеет конкретную интерпретацию. Иногда, для простейшего случая, задание модуля может быть осуществлено в абстрактном виде без учёта среды. В качестве общего многомерного аналога модуля вводим универсальные операторы, где всякий модуль есть оператор с  $v$  (переменными) входами  $x_1, x_2, \dots, x_v$  и  $\mu$  (переменными) выходами  $y_1, y_2, \dots, y_\mu$ . Область значений всякого  $x_i$  есть некоторое пространство  $X_i$ , область значений всякого  $y_j$  – некоторое пространство  $Y_j$ . В частности, существуют оператор назначения, не имеющий входов. Преобразования подобия воздействуют только на операторы назначения, оставляя все остальные модули без изменения.

Разработанная теория для моделирования систем ВС предусматривает структурное объединение стандартных блоков – модулей в модели конкретных систем ВС.

Модели конкретных систем определяются составом модулей  $c$  и структурой соединений, представляющих множество соединений  $\sigma$ .

Для построения допустимых моделей вводится набор заданных правил и ограничений. Тогда систему правил и ограничений обозначим через  $P$ , которая будет определять регулярность модели. Множество регулярных моделей, получаемых в рамках  $P$  обозначается через  $b_n(P)$ , где  $n$  – число модулей модели.

Тогда, используя введённые понятия и определения, множество регулярных моделей запишем в виде следующего набора из четырёх элементов:

$$b(P) = (A, K, \Sigma, \rho), \quad (1)$$

где  $A$  – множество модулей конкретной системы;  $K$  – множество отображений в модулях;  $\Sigma$  – множество всех допустимых множеств  $\sigma$  – тип соединения;  $\rho$  – отношение согласования или отношение связи

Объединив  $\Sigma$ -структуру и отношение связи  $\rho$  в правило:

$$P = (\Sigma, \rho), \quad (2)$$

получаем набор из трех элементов

$$b(P) = (A, K, P) \quad (3)$$

Так как в дальнейшем рассматриваются только регулярные модели заданной мощности  $n$ , то

$$b_n(P) \subset b(P). \quad (4)$$

В дальнейших построениях тип соединения  $\Sigma$  представляет собой объединение множеств  $\Sigma_n$ , где всякое множество  $\Sigma_n$  есть множество графов, заданных на  $n$ -вершинах.

Таким образом, структура модели системы ВС представляет собой множество соединений между всеми или некоторыми связями модулей, входящих в её состав.

#### Библиографический список

1. Раскин, Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления [Текст] / Л.Г. Раскин. – М.: Советское радио, 1976. – 345 с.