

Основные направления развития систем диагностики и прогностики технического состояния летательных аппаратов



В. В. Дурнев,
генеральный
конструктор — первый
зам. генерального
директора
ОАО «Авиаавтоматика»
им. В. В. Тарасова»
dvv@aviaavtomatika.ru



И. Е. Мухин,
д. т. н.,
зам. генерального
конструктора
по инвестпроектам
ОАО «Авиаавтоматика»
им. В. В. Тарасова»
okbavia@fitmail.ru



С. Л. Селезнев,
главный конструктор
по системам прогностики
и диагностики
летательных аппаратов
ОАО «Авиаавтоматика»
им. В. В. Тарасова»
okbavia@fitmail.ru



Ф. М. Мирзаянов,
исполнительный
директор
НП «Союз
авиапроизводителей»
info@aviationunion.ru

Обоснована актуальность задачи комплексной диагностики и прогностики технического состояния перспективных авиационных комплексов и физического состояния пилота, представляющих собой сложную систему «человек–машина». Доказана необходимость разработки бортовой и наземной компоненты системы прогностики и диагностики. Разработана структурная схема системы при наличии и отсутствии шины AFDX на борту авиационного комплекса.

Ключевые слова: авиационный комплекс, бортовая система диагностики, наземная система диагностики, модульный принцип, открытая архитектура.

Развитие современных летательных аппаратов гражданского и военного назначения характеризуется стремительным увеличением степени функциональной насыщенности, обусловленной расширением круга решаемых задач. В области военной авиации специфика этих задач обусловлена существенным расширением области боевого применения в условиях ведения противником активного противодействия. В этой связи произошел принципиально важный переход от раздельного проектирования и комплексирования планеров, авиационных средств поражения, прицельно-навигационных комплексов к проектированию авиационных комплексов, представляющих единую сложную систему с множеством взаимообусловленных и взаимосвязанных целей. Это отличие в первую очередь связано с глубокой интеграцией комплексной системы управления самолетом, системой управления силовой установкой, системой управления вооружением, системой управления оружием и другими системами. При этом, как и было ранее, несмотря на высокую степень автоматизации борта летательного аппарата важнейшую роль при

выполнении боевых задач играет пилот, а комплекс представляет собой интегрированную систему «человек–машина».

Для обеспечения эффективного технического обслуживания и принятия превентивных мероприятий по эффективному применению этого комплекса такая интеграция обуславливает необходимость внедрения адекватных по степени сложности интегрированных методов и средств контроля технического состояния системы «человек–машина» как целюфункционального объекта. Указанные методы и средства должны в полной мере осуществлять диагностику технического состояния авиационного комплекса (АК) и контролировать психофизическое состояние пилота (рис. 1).

В настоящее время задача такого класса решается с помощью послеполетного анализа данных, фиксируемых бортовой системой объективного контроля (СОК) и бортовым устройством регистрации (БУР) в наземных устройствах обработки. Однако, заложенный функционал такой системы контроля в основном позволяет контролировать исправность

АК до очередного вылета и не позволяет производить долговременный прогноз технического состояния на более длительную перспективу. Также практически не прогнозируется остаточный ресурс планера, двигателя в зависимости от степени их нагруженности во время выполнения сложных фигур высшего пилотажа. В силу существенных физических и эмоциональных нагрузок выполнение летного задания может также существенно зависеть от степени готовности пилота и его реакции на нештатные ситуации. Этот фактор в настоящее время также не учитывается и не контролируется в полной мере во время выполнения полета. Существующий в настоящее время фрагментарный и узконаправленный подход к диагностированию основных узлов и систем АК в принципе не позволяет осуществлять долговременное прогнозирование интегрального технического состояния, так как практически все его узлы находятся в динамической корреляции, привязанной к основным фазам полета. В этой связи особую актуальность приобретает создание интегрированных систем диагностики и прогнозности технического состояния ЛА. Следует отметить, что данное направление активно развивается за рубежом в рамках программ RCM (Reliability Centred Maintenance) и RM-2000. В Российской Федерации это актуальное направление находится на самом начальном этапе развития.

Исходя из анализа степени соответствия существующих и требуемых методов и средств диагностики и прогнозности технического состояния АК предлагается следующая структурная схема системы прогнозности и диагностики технического состояния коррелированная с текущим физико-психическим состоянием пилота.

Система должна обеспечивать сбор данных от датчиков состояния узлов и агрегатов АК, обработку полученных данных на борту с установлением динамических корреляционных связей между значимыми параметрами на всех фазах полета, автоматическое сравнение обработанной информации с заданными допусковыми пределами, передачу на наземные пункты обработки ограниченного объема информации по беспроводной узкополосной системе связи типа GPRS или возможность беспроводного широкополосного съема информации на земле с удалением до одного километра до наземных пунктов обработки, возможность контроля температуры, давления и пульса пилота во время полета с привязкой к бортовому времени.

Для АК, не оборудованных «стеклянной кабиной» (типа вертолетов Ми-8), должна быть предусмотрена дополнительная возможность определения текущих координат АК во время полета, возможность индикации на многофункциональном индикаторе (планшет пилота) положения АК в пространстве в аксонометрии.

Базовой концепцией создания системы диагностики и прогнозности является разделение функций этой системы на бортовую и наземную компоненты. Бортовая компонента должна обеспечивать обработку в реальном масштабе времени ограниченного объема полетной информации за один полет с обеспечением интерактивной выдачи информации в кабину и на землю об опасном и техническом состоянии АК, а также физическом состоянии пилота (с помощью звуковой

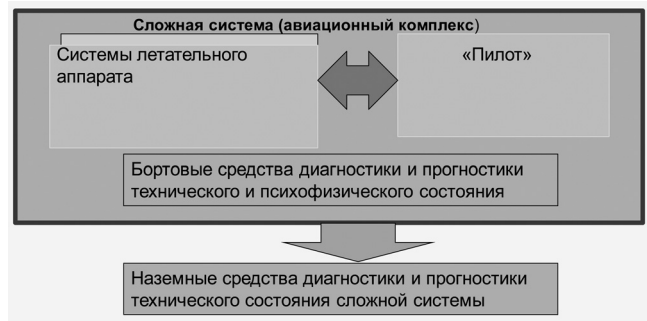


Рис. 1. Формально-логическая схема взаимодействия авиационного комплекса и систем прогнозности и диагностики

или визуальной индикации). Наземная компонента должна обеспечивать обработку массива информации за несколько полетов и производить в отложенном масштабе времени прогноз технического состояния АК и степень соответствия навыков пилота степени сложности полетного задания. Функционал бортовой части, создаваемой на основе серийно выпускаемых бортовых накопителей, может состоять в накоплении полетной информации с последующей оперативной обработкой в реальном масштабе времени и выдачей пилоту информации о возможной предаварийной ситуации, требующей немедленного принятия решения.

Функционал наземной части может заключаться в накоплении репрезентативного объема полетной информации, ее обработки по решающим правилам и выдачи прогноза технического состояния борта на более длительную перспективу с возможностью выхода на эксплуатацию по состоянию.

В целях максимальной унификации полученных результатов необходимо разработать обобщенный алгоритм диагностики и долговременного прогнозирования технического состояния АК. Для максимальной эффективности применения полученных результатов необходимо предусмотреть процедуру адаптации обобщенного алгоритма под конкретный тип АК. Создаваемые системы должны выполняться по модульному принципу с открытой архитектурой. В этом случае каждому АК со своей степенью сложности и ценой может быть поставлена адекватная по степени полноты технического анализа и ценовым параметрам система диагностики и прогнозирования технического состояния. В целях повышения оперативности решения задач системой управления безопасностью полетов возможно создание средств бесконтактного съема полетной информации наземными службами и последующей передачей ее по каналам телекоммуникаций в центр по сбору, систематизации и обработке полетной информации АК.

В изделии должны быть предусмотрены два режима работы: рабочий режим и режим встроенного контроля (ВСК). Включение рабочего режима должно производиться автоматически при подаче питания после выполнения режима ВСК. В рабочем режиме изделие должно обеспечивать выполнение функций, указанных в требованиях назначения а также осуществлять фоновый контроль собственной работоспособности с помощью встроенных средств контроля с вероятностью обнаружения неисправности 0,9.

Включение режима встроенного контроля должно производиться автоматически и не должно требовать снятия изделия с вертолета и необходимости применения контрольно-проверочной аппаратуры (КПА).

Система должна обеспечивать без использования наземных средств обработки информации:

- сбор, накопление и хранение информации от датчиков первичной информации и взаимодействующих систем;
- контроль и прогнозирование состояния (в том числе остаточного ресурса) узлов и агрегатов АК, двигателей, агрегатов трансмиссии (подшипники, редукторы, валы и т. д.) планера АК;
- выявление предотказного состояния агрегатов АК;
- возможность обеспечения контроля самочувствия пилота (температура, давление, пульс и т. д.) во всех фазах полета с синхронизацией по времени и записью в бортовую систему регистрации;
- контроль и сравнение зарегистрированных параметров АК на всех фазах полета (прогрев, руление, взлет, крейсерский режим, повороты, снижение, посадка) с заданными;
- видеоконтроль кабинного и закабинного пространства с регистрацией информации;
- передача на наземные пункты управления полетной информации ограниченного объема в реальном масштабе времени;
- включение аварийного радиомаяка.
- передачу полетной информации посредством беспроводной связи на наземные средства послеполетного контроля;
- экспресс-анализ состояния элементов АК и БРЭО;
- формирование рекомендаций по техническому обслуживанию контролируемых агрегатов АК;
- автоматизированную обработку зарегистрированной информации с целью анализа психофизического состояния пилота на различных этапах полета.

Для вертолетов система должна обеспечивать специфические функции:

- контроль и прогнозирование состояния (в том числе остаточного ресурса) узлов и агрегатов вертолета, двигателей, агрегатов трансмиссии (подшипники, редукторы, валы и т. д.), несущего и рулевого винта, планера вертолета;
- контроль и сравнение зарегистрированных параметров вертолета на всех фазах полета (прогрев, руление, взлет, крейсерский режим, повороты, висение, снижение, посадка) с заданными.

Наземная обработка информации должна проводиться в наземном комплексе обработки данных и должна обеспечивать:

- автоматическую обработку информации, регистрируемой изделием;
- расчет остаточного ресурса агрегатов вертолета.
- техническое диагностирование контролируемых агрегатов, включая контроль технического состояния с указанием вероятного места неисправности;
- прогнозирование технического состояния контролируемых систем и агрегатов вертолета на основе

информации текущих и накопленных в базе данных полетов;

- формирование рекомендаций по техническому обслуживанию диагностируемых агрегатов вертолета;
- формирование рекомендаций о возможности дальнейшей эксплуатации контролируемых агрегатов;
- документирование результатов обработки информации.

Для сохранения универсальности разрабатываемой системы в основу положено два принципа: принцип открытости и модульности построения системы и принцип вариативности под современные и перспективные борта на основе шины AFDX. В состав системы входят:

- блок диагностики и прогностики (БДИП);
- блок сбора диагностической информации (БСДИ);
- блок беспроводной связи (ББС).

Для перспективных блоков с наличием цифровых линий (AFDX, Ethernet и др.) структурная схема системы приведена на рис. 2. Отображение оперативной информации для поддержки принятия решения командиром АК производится на многофункциональном индикаторе (МФИ).

Блок БСДИ обеспечивает преобразование, сбор и передачу по каналу Ethernet сигналов вибродатчиков, установленных на контролируемых узлах и элементах ЛА. Частота опроса этих датчиков составляет от 64 Гц до 15 КГц в зависимости от глубины диагностики. Количество вибродатчиков зависит от структурной схемы компоновки ЛА с учетом геометрии размещения контролируемых агрегатов.

Блок БДИП представляет собой вычислительное устройство, обеспечивающее вычисление по заданному набору алгоритмов, зашитых в ПЗУ. Эти алгоритмы адаптированы под каждый конкретный тип АК. Исходная информация для инициализации алгоритмов приходит по каналу Ethernet из блока БСДИ и каналу AFDX. По каналу AFDX поступает информация в цифровом виде от систем объективного контроля (СОК), БАСК, аварийного регистратора, штатных датчиков АК. В зависимости от режима полета и поступившей информации от датчиков обработанная блоком информация передается в полете по каналу

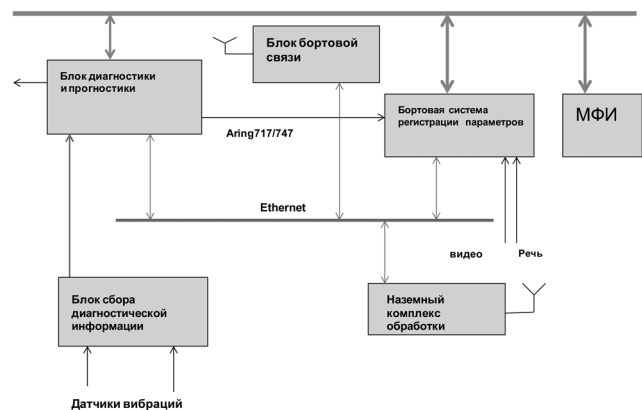


Рис. 2. Структурная схема системы при наличии шины AFDX

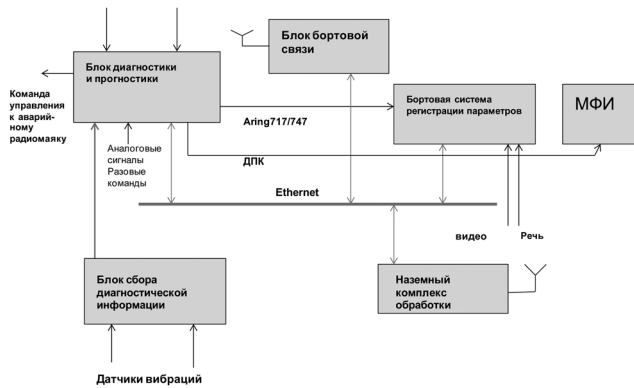


Рис. 3. Структурная схема системы при отсутствии шины AFDX

Ethernet на блок ББС, систему регистрации, а на земле в наземный комплекс обработки (НКО) для последующей обработки.

В полете блок БДИП по каналу AFDX передает предупреждающую (аварийную) информацию на многофункциональный индикатор для экстренного принятия решения командиром АК. При критическом превышении предельно допустимых значений параметров полета блок БДИП выдает сигнал на включение аварийного радиомаяка. Блок ББС предназначен для осуществления в процессе полета передачи бортовой информации ограниченного объема по каналам широкополосного и узкополосного доступа на удаленный наземный пункт обработки, а также для передачи по беспроводному широкополосному каналу зарегистрированной полетной информации на наземный пункт обработки в пределах аэродрома.

Работа системы, отображенной на рис. 3 аналогична описанной выше с отличием, что информация СОК, БАСК и др. в связи с отсутствием цифрового канала, собирается, концентрируется, оцифровывается и уплотняется в блоке БДИП. Блок БДИП в этом варианте имеет ряд дополнительных модулей, обеспечивающих преобразование в цифровой вид всех поступающих на его вход сигналов.

Таким образом, предлагаемая система диагностики и прогнозности технического состояния современных летательных аппаратов будет в наибольшей степени адекватна сложным авиационным комплексам «человек–машина» а ведущим предприятием в этом направлении может стать ОАО «Авиаавтоматика» им. В. В. Тарасова», одобренное концерном «Радиоэлектронные технологии» и представленное в Минпромторг РФ исполнителем в базовой технологии мониторинга и технического состояния АК.

Список использованных источников

1. В. А. Васильев, Ю. Б. Гусев. Автоматический контроль и диагностика систем управления летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1989.
2. В. Д. Коковин, В. В. Семенов. «Электронный формуляр» — практический шаг в обеспечении эксплуатации двигателей по техническому состоянию // Научно-технический журнал «Двигатель», № 1, 2010.

Principal lines of development of fault detection system and aircraft technical state detection

V. V. Durnev, General designer – First General Director Deputy of JSC «Aviaavtomatika» named after V. V. Tarasov».

I. E. Mukhin, D. E., Deputy General Designer for investment project JSC of «Aviaavtomatika» named after V. V. Tarasov».

S. L. Seleznev, General Designer for fault detection system and aircraft technical state detection of JSC «Aviaavtomatika» named after V. V. Tarasov».

F. M. Mirzayanov, Chief Executive of Uncommercial Partnership «Aviation manufacturer union».

Currency of complex fault detection system and aircraft technical state detection and pilot's physical state task is validated, representing complex «man–machine» system. Necessity of board and ground system components of fault and technical state detection is proved. Block diagram has been designed if AFDX bus is available or not onboard of aviation complex.

Keywords: aviation complex, board system of fault detection, ground system of fault detection, modular approach, open system.